

# 4장. 센서

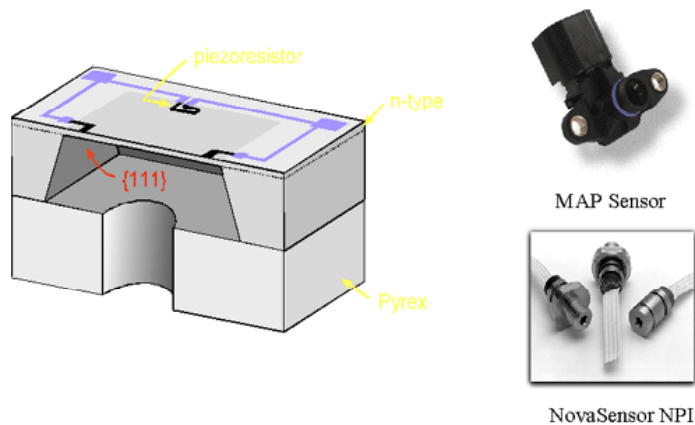
- 물리량인 광, 온도, 자기, 압력, 습도등을 전기신호로 변환
  - 역학센서
  - 자기센서
  - 광센서
  - 방사선센서
  - 광센서
  - 방사선센서
  - 음향센서
  - 열학센서
  - 화학센서
  - 바이오센서

# 4-1. 역학센서

## 4-1-1. 압력센서

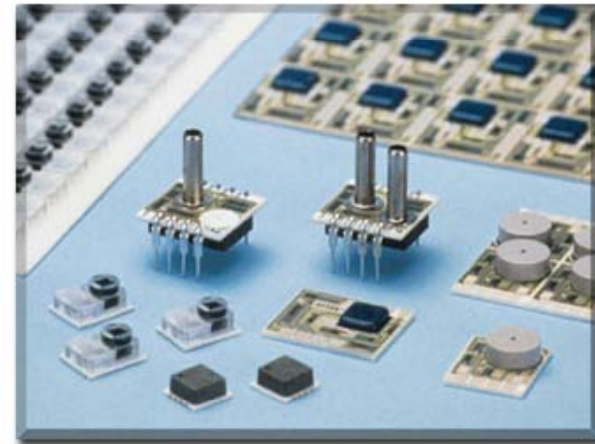
- 응용원리 : 전자기유도, 전기변형, 자기변형, 스트레인게이지, 진동현상 등

(1) 기계식 압력 센서 (2) 전기식 압력 센서 (3) 반도체식 압력센서

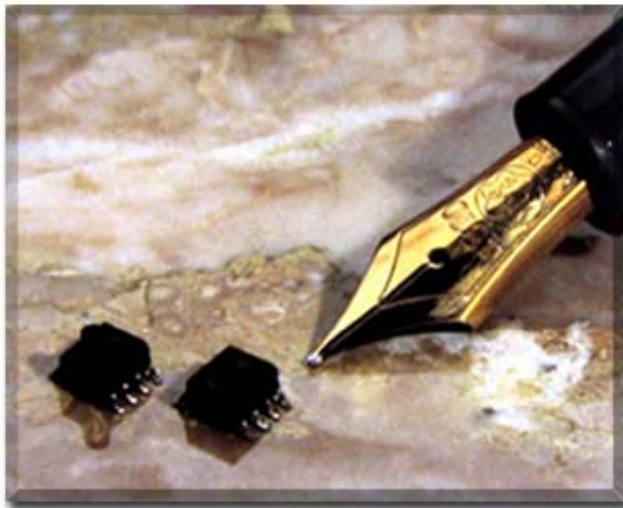




[Silicon Pressure Sensors in TO Packages]



[Silicon Pressure Sensors in Ceramic Packages]



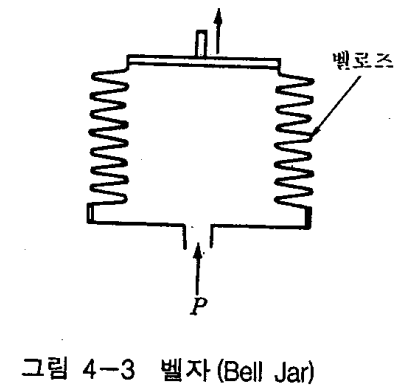
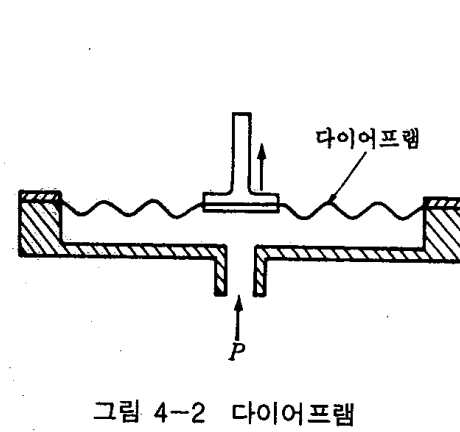
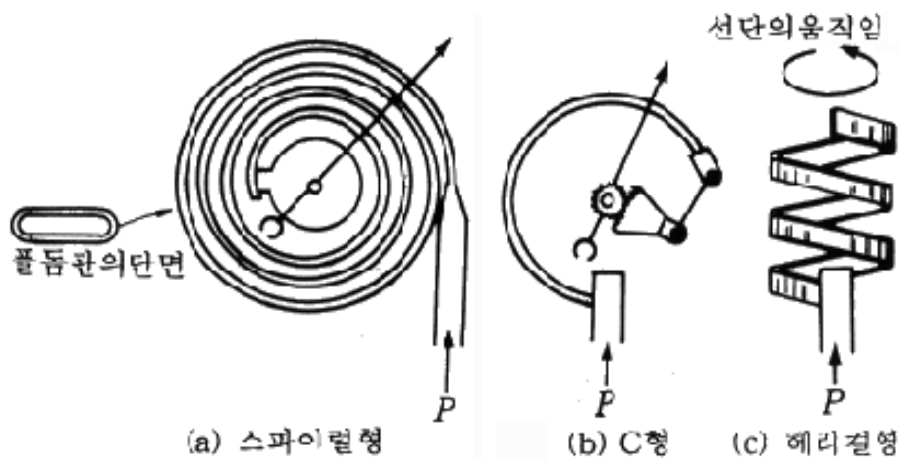
[Silicon Pressure Sensors in Plastic Packages]



[Silicon Pressure Sensors in chip programs]

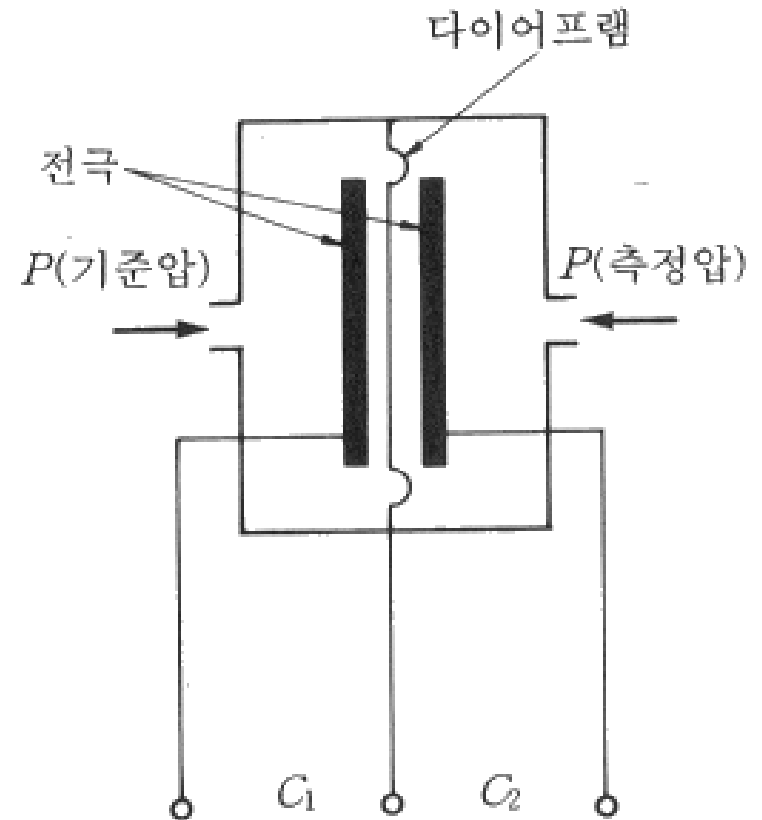
# (1) 기계식 압력 센서

- 기계식인 것에는 많은 종류 ( 탄성식의 full dome 이 많이 사용 )
- 개방된 고정단으로 부터 측정압력을 도입하면 다른 밀폐된 관의 선단이 이동
- 이관선 이동량은 관내 압력의 크기에 비례, 이동량은 기계적으로 확대된 압력 지시
- diaphragm 이라 불리는 압력센서는 원판 측면의 압력차에 비례하여 원판이 변형하고, 그 변위로부터 압력을 측정하는 원리
- 원통의 내부와 외부의 압력차에 의해 주름상자가 신축하여, 그 변위량이 압력 차에 비례하는 것으로 측정 압력을 알 수 있다.



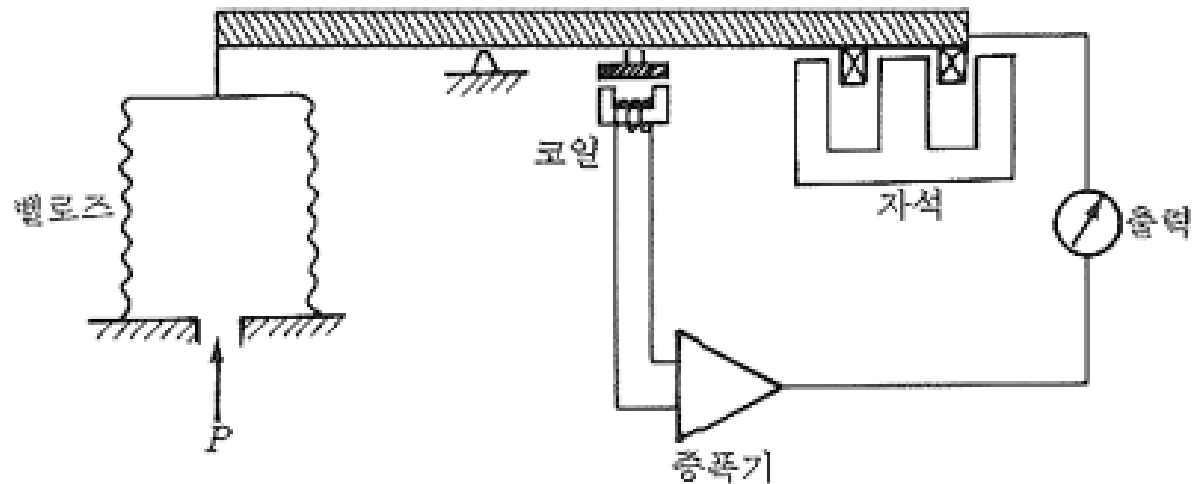
## (2) 전기식 압력 센서

- a. 정전용량식 압력 센서
- 2 개의 물체(전극)간의 정전용량 변화로부터 그 사이의 변위를 측정하는 방법을 기본적으로 이용
- 앞에서 서술한 벨자 혹은 다이어프램의 압력에 의한 변형으로 가동전극을 변위시켜, 그것에 의한 정전용량의 변화를 변환하여 압력을 전기적으로 검출한다.
- 이 검출방식에는 가동전극으로서 예를 들면 다이어프램을 직접 이용하는 경우와 판스프링으로 지지대는 이동전극이 연속축으로 다이어프램에 직속되어 있는 경우가 있다.



## (2) 전기식 압력 센서

- b. 역평형식 압력 센서
- 측정 압력에 비례하여 발생하는 힘과 외부에서 전자적으로 만들어지는 힘과 평형하게 되어 측정압력을 전류와 전압 등으로 읽게 되는 센서
- 압력검출소자로서는 다이어프램, 벨자, 풀돔관을 이용
- 설명 그림에서는 벨자를 이용한 경우의 예를 표시
- 검출소자가 측정 압력에 따라 변위되지 않도록 전자적인 외력을 소자에 작용시켜, 힘의 평형을 유지하기에 필요한 전류와 전압이 측정압력에 비례하는 것으로부터 측정압력을 검출

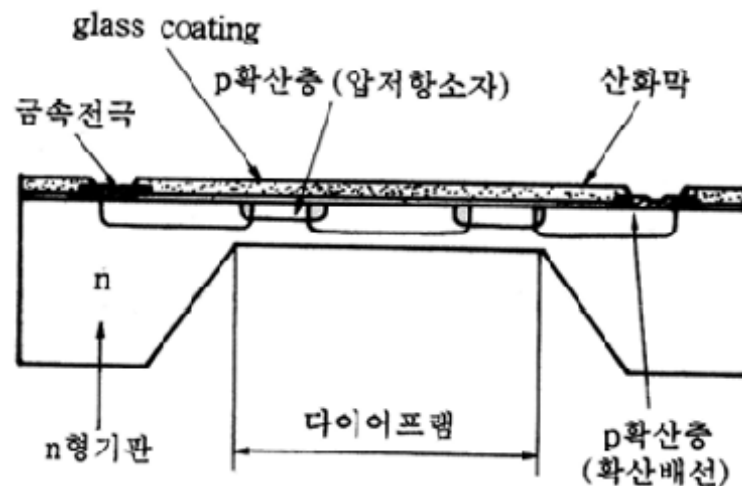


### (3) 반도체식 압력 센서

- 압력을 받아서 그것을 왜응력으로 변환하는 다이어프램
- 다이어프램에서 발생하는 동력을 전기신호로 변환하는 부분
- 실리콘을 이용한 반도체 압력센서에서는 다이아프램은 단결정 실리콘을 화학적으로 에칭(etching)해서 형성
- 다이어프램에 발생하는 응력을 전기신호로 변환하는 방법으로서는 진동자의 고속진동수의 변화를 검출하는 것과 표면탄성파를 이용하는 것
- 압저항식과 정전용량식의 2 종류

### (3) 반도체식 압력 센서

- a. 압저항식
- 실리콘의 압저항효과는 p 형과 n 형에 따라 압저항소자의 전도형이나 압저항소자가 형성되는 결정면에 의하여 다르며, 결정방위 의존성이 있음
- 브릿지의 구동방법으로서 정전압방식과 정전류방식이 있다(아래 그림 참조).
- 압저항계수는 부의 온도 특성을 갖고 있기 때문에, 정전압으로 브릿지를 구동하면 압력에 대한 감도가 부의 온도계수
- 정전압방식의 경우는 반도체 압력센서의 신호를 증폭하는 증폭기의 증폭률이 정의 온도계수를 가지게 되는 것으로서 감도의 온도보상
- 정전류 방식의 경우는 압저항소자의 저항치 자체에 정의 온도의존성이 있기 때문에 압저항효과의 부의 온도특성과 잘 매칭(matching) 되는 것으로 감도의 온도보상





### (3) 반도체식 압력 센서

- b. 정전용량식
- 정전용량식은 서로 마주보고 있는 전극판의 간격을 외부로부터의 응력에 의하여 변화시키면 그 전극간의 정전용량이 변화
- 이 정전용량 변화를 전기신호로 변환시키면 응력이 검출
- 이 원리를 이용한 것이 정전용량식 반도체 압력센서
- 정전용량식의 경우는 반도체 특유의 특성을 응용하고 있지 않기 때문에 반드시 반도체에 한정되지 않으며, 전술한 것과 같이 단결정 실리콘이 다이어프램의 소재로서 우수하다는 것과, 미세가공이 용이하다는 것으로 정전용량식에 실리콘이 많이 이용되고 있다.

# 압력센서의 용도

- 산업 전반에 걸쳐 응용분야가 매우 넓으며 주로 자동차, 자동제어, 반도체제조분야에서 지속적인 수요의 신장이 기대

## 가. 가전제품

냉장고, 룸에어컨, 진공청소기, 세탁기, 가정용 혈압계, 맥박계

## 나. 자동차

연료분사압, 엔진배기압, 브레이크시스템, 서스펜션, 에어백시스템, 공조시스템

## 다. 일반산업용

화학플랜트, 석유정제라인, 정유탱크, 발전소, 하수처리장, 열소각로, 수압청소  
프레스, 사출기, 종이, 펄프제조, 보일러, 컴퓨터서, 공조기기, 냉동고

## 라. 반도체제조

웨이퍼 흡착압 감지, 초순수라인, 공조라인, 가스공급, 진공라인

## 마. 의료기기

인공심장, 인공신장, 맥박감지, 산소공급 시스템, 혈압감시시스템, 약물주입,  
수혈제어

## 4-1-2. 변위센서

- 물체의 이동거리, 위치 측정
- 응용원리 : 전자기유도, 정전기유도, 촉상관, 스트레인 게이지, 적외선, 홀효과 등

(1) 직선변위센서

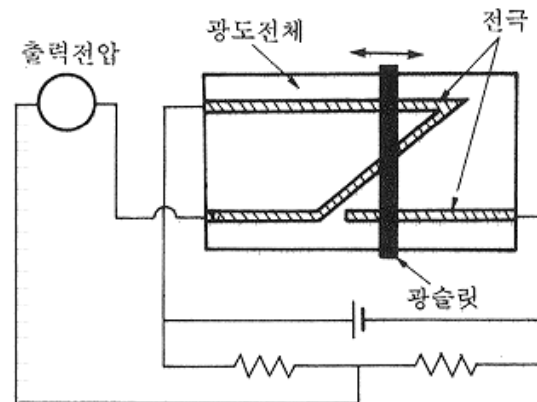
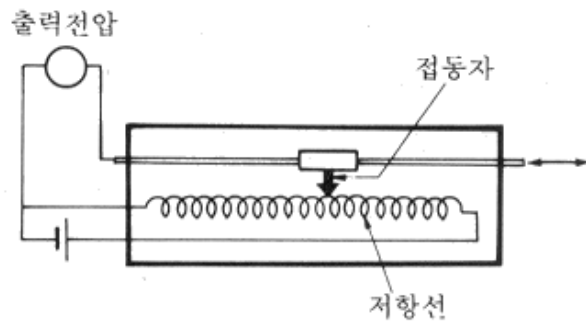
(2) 회전변위센서

(3) 광학적 변위장치(광학계와 전자장치)

직선변위	전위차계(potentiometer), 차동 변압기
회전변위	전위차계, 싱크론, resolver

# (1) 직선변위센서

- 기계적인 직선 변위를 전기저항의 변화로 측정하는 것(직선형 전위차계)
  - 그림과 같은 코일상의 저항선과 그 위를 직선적으로 이동 하는 접동자
  - 변위의 크기는 접동자를 가지는 검출용 모터의 움직임에 의해 접동자와 저항선간의 저항차에 비례하는 양
  - 저항선에 인가되는 일정의 기준전압을 분압된 전압으로써 취득
- 광도전체를 사용한 광 브리지형 변위계
  - 2개의 삼각형 광도전 셀역방향으로 향하고 있고, 광슬릿의 이동에 의해 한쪽 방향의 광전도 셀의 저항치가 증가하고, 다른 방향의 저항치는 감소하게 되어 브릿지 회로를 이용한 변위를 전압으로 변환
- 차동 정전용량형 변위계, 무접촉 자기저항변위 센서, 홀 소자변위 센서



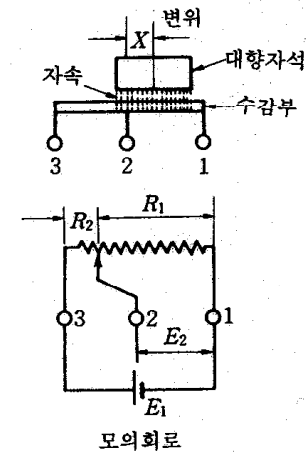
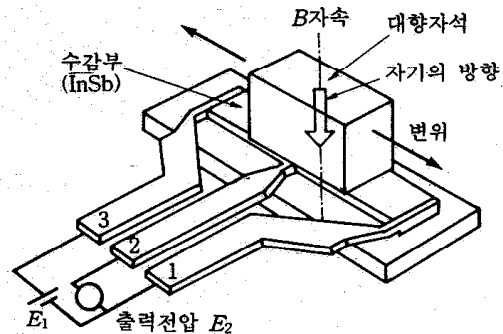
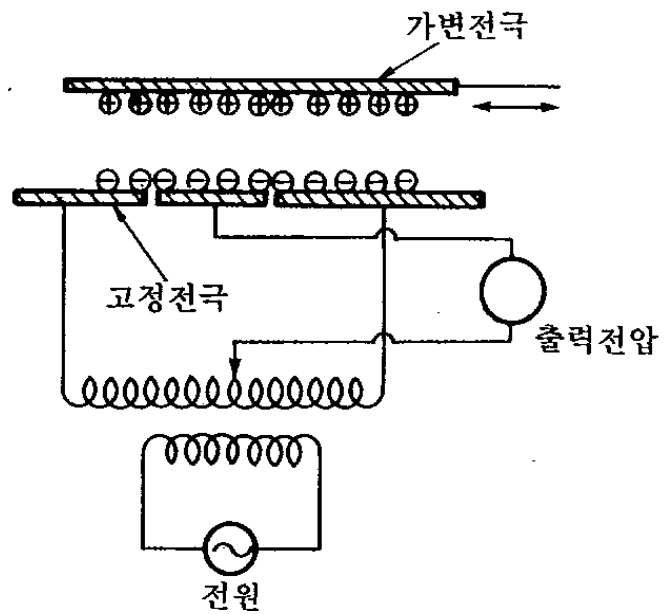


그림 4-16 무접촉 자기저항변위 센서

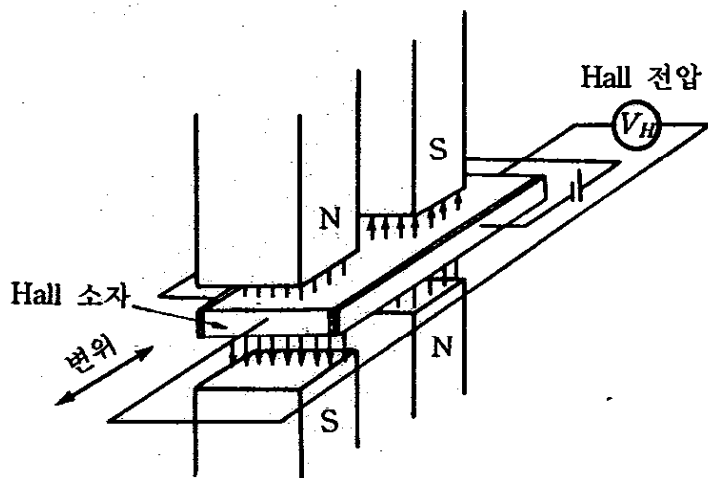


그림 4-17 홀 소자변위 센서

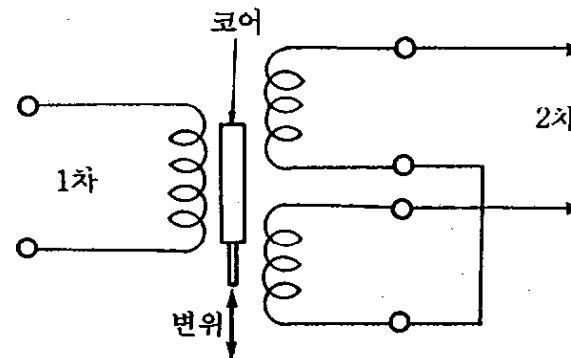
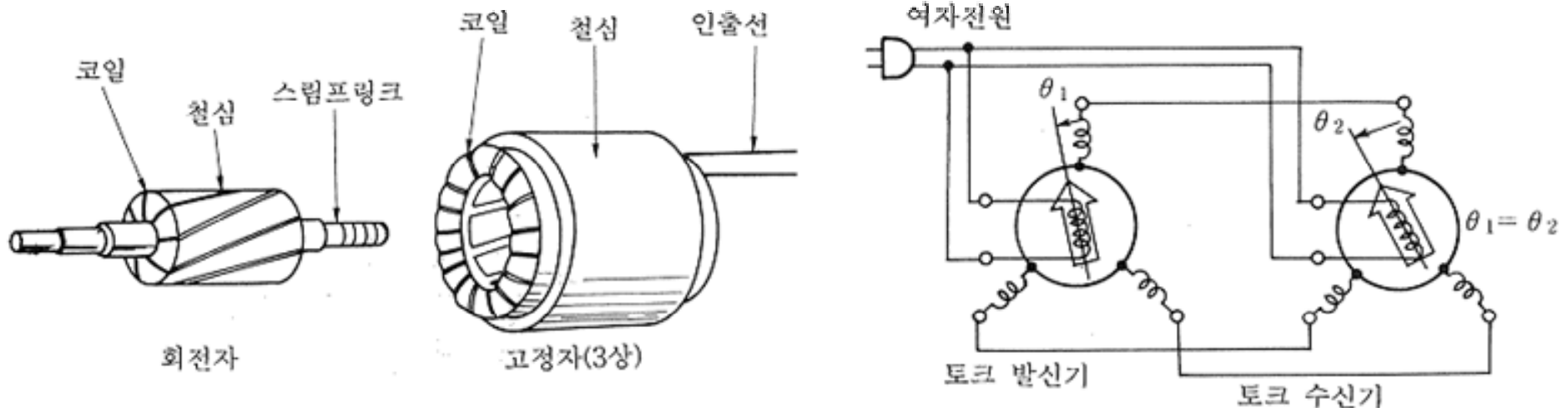


그림 4-18 차동 트랜스

## (2) 회전변위센서

- analog형과 digital 형으로 분류
- 싱크론(아날로그형 대표)은 최근의 디지털화에도 불구하고 실용상의 정도, 취급의 간단 등의 점에서 특징을 가지고 있다. 더욱이 내환경의 우수성 및 컴퓨터의 발전에 따라 A/D 변환의 용이로부터 더욱 그 사용범위가 확대.
- 응용원리: 싱크론은 코일간의 전자유도 현상을 이용하는 것이어서 권선형 동기발전기와 유사하고, 발신기와 수신기가 대응되어 있다. 발신기 회전축의 회전각도 변위를 전기신호로 변환하여 그것을 수신기에 보내어 수신기 회전축의 회전각도 변위로 변환



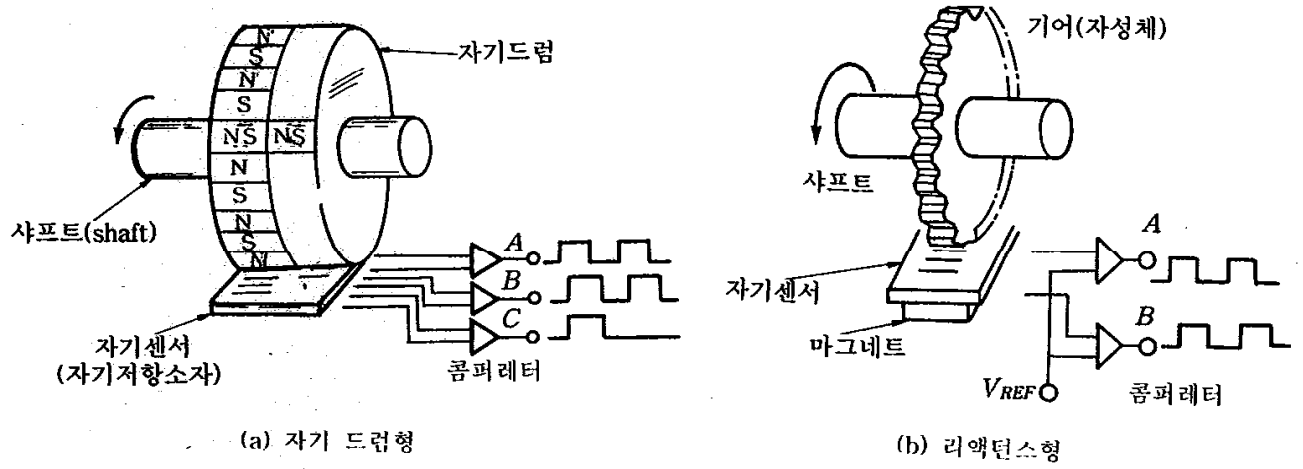


그림 4-22 자기 인코더의 구조

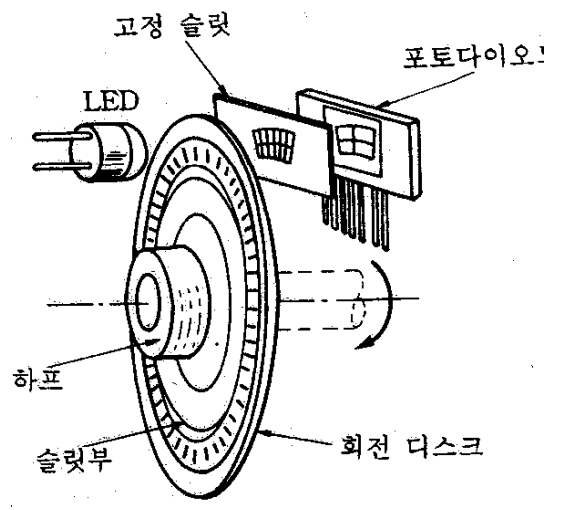


그림 4-23 광로터리 인코더

### 4-1-3. 스트레인 게이지

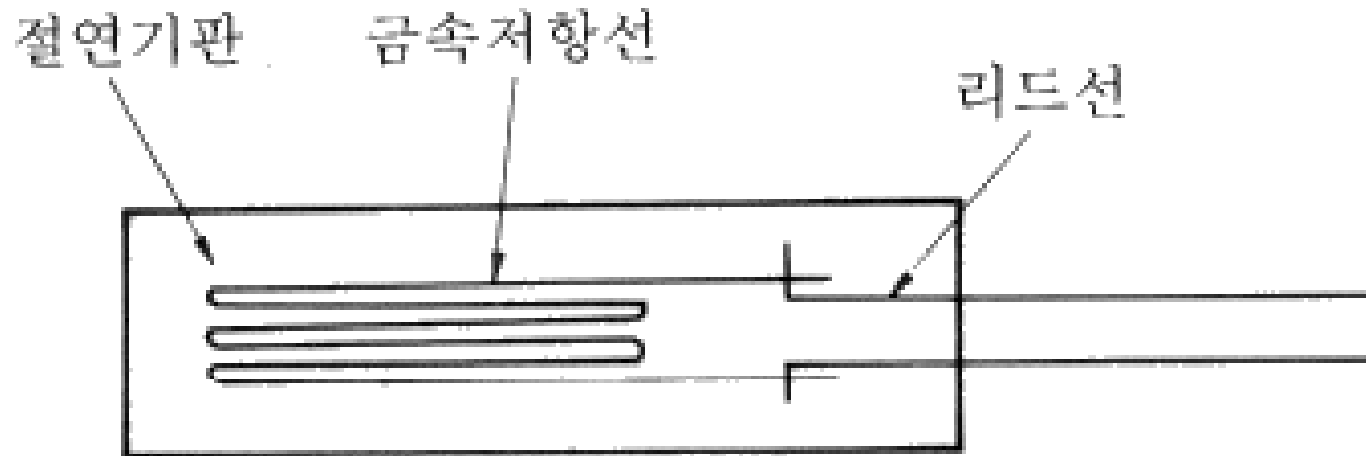
- 힘을 가하면 물체의 변형이 일어나는 효과를 이용한 센서
  - 응용원리 : 전기변형, 압저항 효과 등
- (1) 금속 스트레인 게이지
  - (2) 반도체 스트레인 게이지

스트레인게이지	금속 스트레인 게이지
	반도체 스트레인 게이지



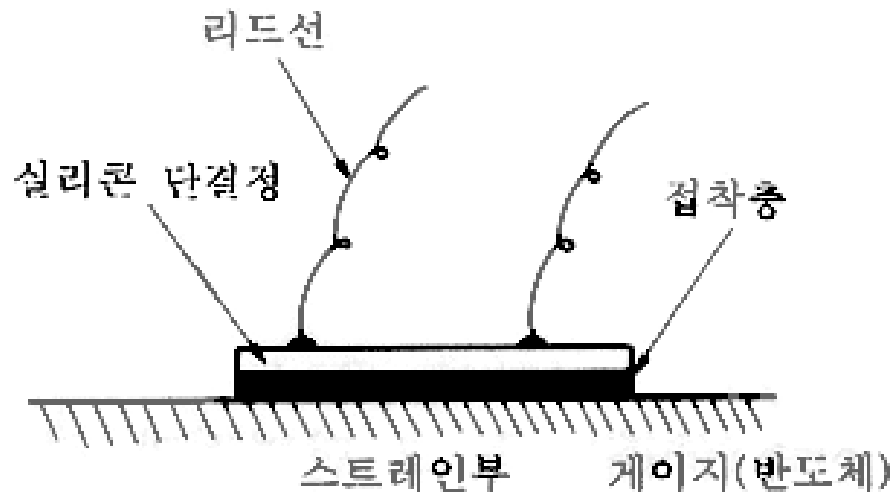
## (1) 금속 스트레인 게이지

- 금속 저항선은 외력에 의해 신축, 길이가 변화함으로써 전기저항이 변함
  - 금속저항선 스트레인 게이지
- 응용원리: 아래 그림을 보자. 그리고 이해하자..어떻게 된거지???



## (2) 반도체 스트레인 게이지

- 통상적으로 반도체 재료인 실리콘이 이용
- 그 종류에는 단결정 벌크 게이지, 기판 위에 실리콘을 박막화한 박막 스트레인 게이지, 확산형의 게이지, 그리고 p-n 접합 게이지 등
- 많이 사용되는 벌크 게이지는 아래 그림과 같이 p형 또는 n형실리콘 단결정으로 제작
- 반도체 스트레인 게이지를 이용하여 압력 센서, 로드 셀 등을 제작



## 4-1-4. 유속센서

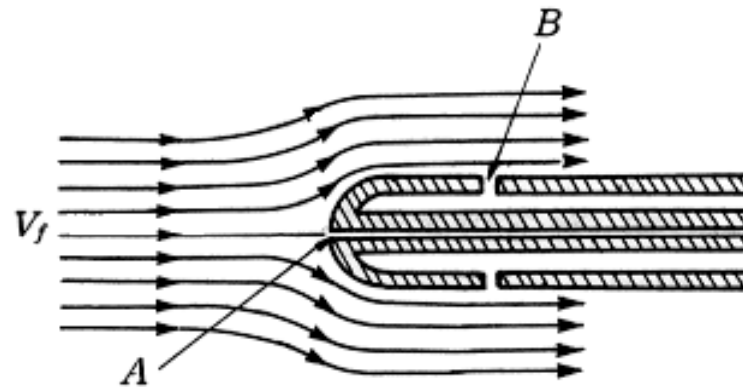
- 유속을 압력, 힘, 위치, 열, 주파수등으로 변환
- 응용원리 : 베르노이 방정식, 초음파 원리, 열전달 등

(1) 피토관 센서

(2) 초음파 유속 센서

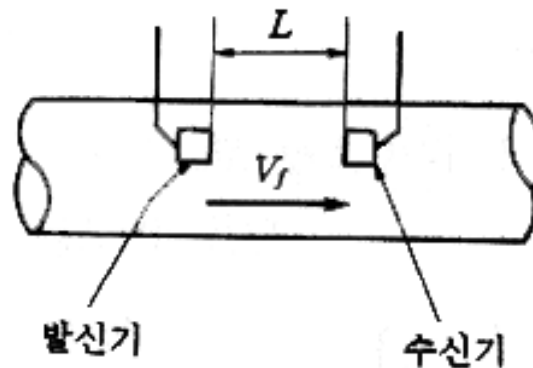
## (1) 피토관 센서

- 유동의 속도변화가 있으면 국부적으로 압력의 변화가 있으며, 그 관계는 베르누이 (Bernoulli equation)에 의해 주어진다.
- 이 원리를 이용한 것으로 pitot tube 가 많이 사용된다.
- 아래 그림과 같이 흐름중에 물체가 놓여졌을 때, 흐름이 정지되는 물체 전면A에서의 압력은 총압  $P_a$  를 나타내고, 측면 B에서의 압력은 정압  $P_b$ 를 나타내며, 이들 압력차  $P$ 는 베르누이 식을 따른다.



## (2) 초음파 유속 센서

- 초음파가 유체중을 전파할 때, 유체가 정지하고 있을 때와 흐르고 있을 때의 겉보기 전파속도가 다른 것을 이용한 것이 초음파 유속 센서
- 정지 유체중의 음속을  $C$ , 유속을  $V_f$ 라고 하면, 초음파가 흐름의 방향과 일치했을 때와 반대방향일 때의 전파속도는  $C \pm V_f$  가 된다.
- 아래 그림중 송파기에서 발사된 초음파가 수파기에 도달하는 시간  $t_1, t_2$  는 각각  $[L/(C \pm V_f)]$  이다.  
시간차  $\Delta t$  를 측정함으로써 유속  $V_f$ 가 구해진다.



### (3) 유속 센서 종합

- 유량은 임의의 단면을 흐르는 유체의 체적 또는 질량의 시간에 대한 비율로 산출한다.
- 석유화학, 자동차, 항공, 에너지등 유체관련 산업이 발전되고 규모가 대형화됨에 따라 효율적인 공정관리 및 상거래를 위해 정밀하고 정확한 유량측정이 중요시되고 있다.
- 유량측정은 측정대상인 유체의 종류를 비롯하여 흐름상태, 유체의 온도와 압력, 측정범위, 설치장소등에 따라 측정조건이 매우 다양하기 때문에 유량의 측정방법도 여러 가지가 개발되어 사용되고 있다.
- 유량을 측정하고자 할 경우에는, 사전에 측정조건을 충분히 검토하고 요구되는 정확도 및 유지관리의 편의성 등을 검토하여 용도에 적합한 센서를 사용
- 최근에는 자동차 및 반도체산업의 각종 가스의 유량을 측정하는 전자식 유량/유속센서의 채용이 급증함에 따라 이에 대한 국산화의 필요성이 그 어느때보다도 절실하게 요구되고 있다.

### (3) 유속 센서 종합



## (4) 유속 센서 종류(유량/유속 센서의 종류)

- 8가지로 분류 가능
  - 차압식, 면적식, 용적식, 회전속도 검출식, 전자식, 초음파식, 와류식, 열식
- 산업체에서 가장 많이 사용되고 있는 것은 차압식 유량센서
  - 관로에 설치된 스로틀 전후 압력차의 평방근이 유량에 비례하는 것을 이용하여 소 유량에서 대유량까지 그 적용범위가 매우 넓으며 공업용으로 가장 많이 사용
- 면적식 유량센서
  - 테이퍼관과 부저, 피스톤과 슬릿 등의 조합에 의해 스로틀의 면적을 바꾸고 스로틀의 면적과 유량이 변화하는 것을 이용하여 미세유량계측에 사용
- 용적식 유량센서
  - 로터와 케이스, 피스톤과 실린더등을 이용하여 유체를 일정용적에 가두어 놓고 일정주기마다 방출을 반복하여 단위시간당 횟수에 의해 유량을 측정하는 방식으로 적산유량계에 많이 사용
- 터빈 유량/유속센서
  - 회전날개의 회전수가 유량/유속에 비례하는 것을 이용하여 고온, 고압, 극저온 등의 열악한 환경하에서의 유체측정에 사용



#### (4) 유속 센서 종류(유량/유속 센서의 종류)

- 전자식 유량/유속센서
  - 전도성 유체의 흐름에 직각으로 자계를 가하여 두방향으로 직각인 방향에 기전력이 발생하는 원리를 이용하며 유체의 온도, 점도, 밀도등의 영향을 받지 않는 것이 특징이다.
- 초음파 유속/유량 센서
  - 유속에 의한 초음파의 전파속도변화를 시간차, 위상차, 도플러효과등을 이용하여 검출하는 방식으로 대구경의 관로에 많이 사용
- 와류식
  - 유체의 와류주파수를 측정하여 유량을 산출하는 방식으로 Vortex 유량센서가 대표적
- 열식 유량/유속센서
  - 발열체로부터 열방산이 유속에 의해서 변화되는 현상을 이용하여 구조가 간단하고 측정범위가 넓다.
- 질량유량센서
  - 온도, 압력등의 영향을 받지 않는 장점이
- 레이저간섭계를 이용한 방식
  - 비접촉식이고 정확도가 높아 각종 연구나 표준유지에 많이 활용

## (5) 유속 센서 용도(유량/유속 센서의 종류)

- 분야는 매우 큰 용적의 액체로부터 미세한 가스의 흐름까지 측정하는 화학공업, 반도체산업, 환경공업, 식품공업, 에너지, 자동차산업분야등 매우 다양

### 반도체 산업

- \* 유독가스공급장치
- \* 반도체공정프로세스
- \* 순수/오일 공급장치

### 화학공업

- \* 화학물이송 및 혼합라인
- \* 석유, 가스등의 에너지원 공급라인
- \* 위험물감시장치

### 자동차, 운송용

- \* 주유기 정량공급용
- \* 엔진제어용 Air Flow Meter

• 연구기관용 측정용

### 일반 산업용

- \* 상하수도 공급라인
- \* 도시가스 공급라인
- \* 음료수, 주류 생산라인
- \* 펄프, 제지산업냉가수/세척수라인
- \* 철강, 전력, 시멘트 산업의 슬러리, 냉각수

### 기타

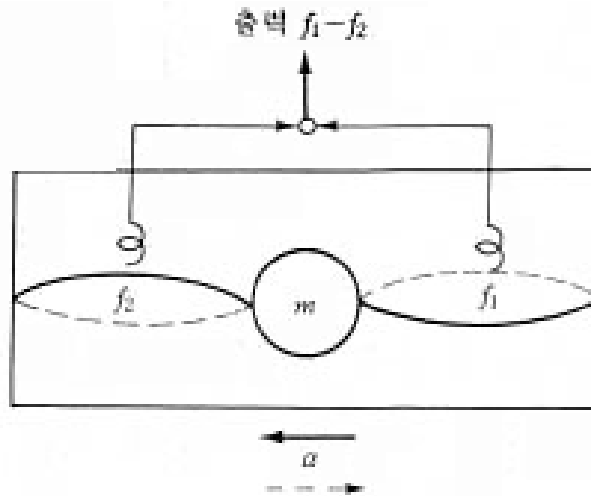
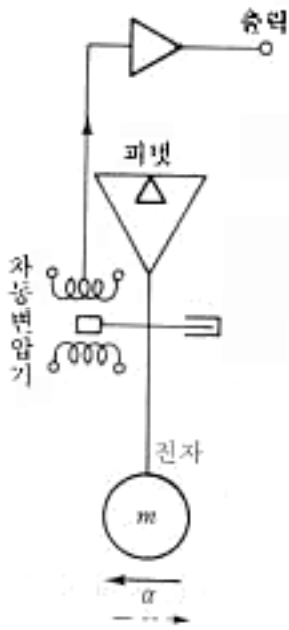
- \* 액체점도측정기 \* 유리제조공정용 \* 해수유입측정용
- \* 과학계측기기의 미소유량측정용
- \* 공장폐수, 하수유량측정 \* 지하수 개발용

## 4-1-5. 가속도 센서

- 가속도, 진동, 충격 등의 동적 힘을 감지
  - 물체의 운동상태를 순시적으로 감지
  - 자동차, 기차, 선박, 비행기 등 각종 수송수단, 공장자동화 및 로봇 등의 제어시스템에 있어서 필수적인 소자
- 
- 응용원리 : 관성력, 전기변형, 자이로를 이용
- (1) 관성식
  - (2) 자이로식
  - (3) 실리콘반도체식

# (1) 관성식

- 정지계를 기준으로 한 관성가속도를 측정하는 형식
- 질량에 작용하는 가속도에 의한 반력, 즉 관성력을 이용.
- a. 진자형 : 마찰이 적은 피벗 베어링으로 진자를 지지한다. 화살표 방향에 가속도  $\alpha$  가 가해지면, 진자는 반대 방향으로 변위. 이 변위 측정.
- b. 진동형 : 질량  $m$  을 양측에서 현으로 지지하고 현의 진동수  $f_1, f_2$  의 차를 검출. 가속도  $\alpha$  가 한 방향으로 가해지면 현의 장력에 차가 생겨, 그 주파수 차이로 가속도를 구한다.

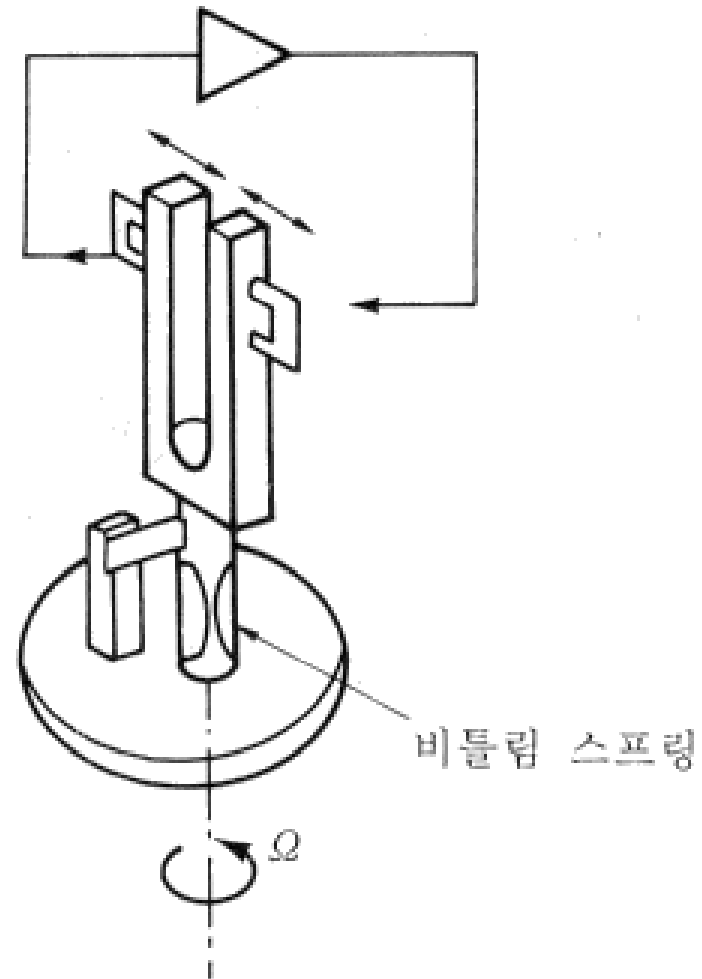


## (2) 자이로식

- 자이로란 관성계에 작용하는 각속도를 감지하는 것.
- 자이로를 구성하는 중요한 요소에 코리올리의 힘이 있다.
- $F = mr(\omega + \Omega)^2 = mr\omega^2 + 2mr\omega\Omega + m\gamma\Omega^2$
- 여기서  $v = r\omega$  이고, 평판을 기준으로 한  $m$  의 회전속도이다. 식의 제 1항은 평판을 기준으로 한 좌표에서 측정된 경우의 원심력이고, 제 2항은  $m$ 의 회전  $\omega$  와 평판의 회전  $\Omega$ 의 벡터곱의 힘이며, 그것은  $v$  와  $\Omega$  에 직각 방향의 힘이고 이것이 이른바 코리올리의 힘이다.
- 즉, 평판이 정지하고 있는 것을 기준으로 측정하면,  $m$  에는 원심력  $mr\omega^2$ 과 코리올리의 힘  $2m\gamma\Omega$  및 제 3항의  $m\gamma\Omega^2$  이 작용하는 것이 된다. 이 코리올리의 힘은  $\omega=0$  일때 0 이되고  $\Omega$  의 측정은 제 3항을 검출하는 것이 된다. 보통  $\Omega$ 은 작으므로 그 힘도 작다. 그러나  $\omega \neq 0$ 으로써  $\omega \gg \Omega$  인 각속도로 회전시켜 두면  $2mr\omega\Omega$ 라는 비교적 큰 힘을 검출하여  $\Omega$ 를 측정할 수 있다. 이상과 같이 코리올리의 힘을 이용함으로써  $\Omega$  를 검출할 수 있다.

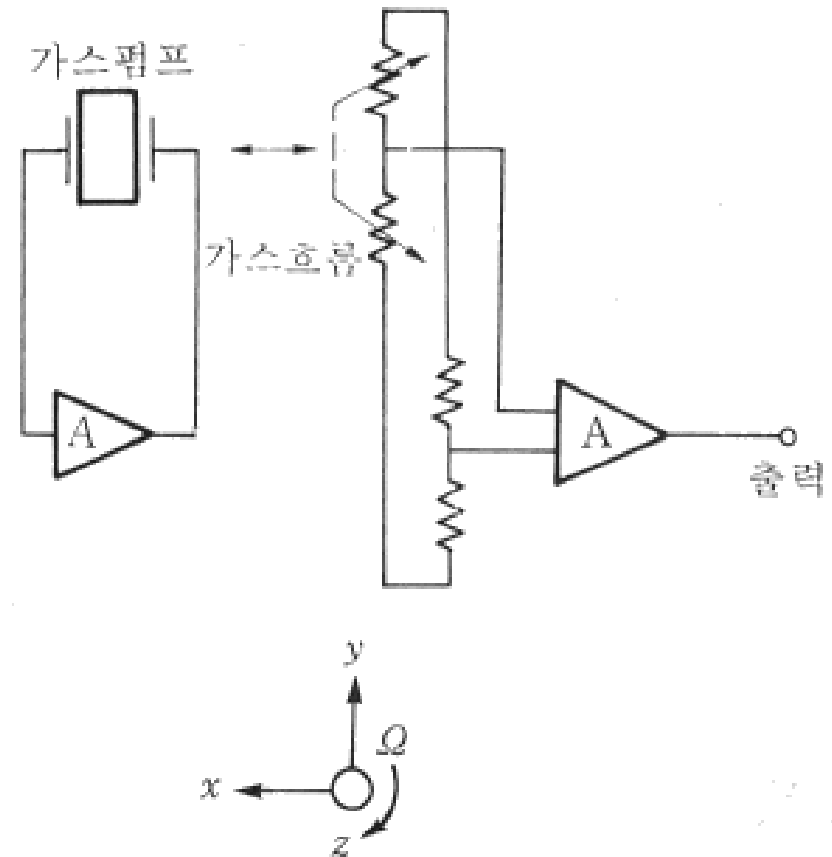
## (2) 자이로식

- a. 진동형 : 자이로를 구성하는 질량의 운동이 일정한 각속도의 회전운동이 아니고, 그림과 같이 음의 진동에 의한 것
- $\Omega$  라는 각속도가 가해진 경우 코이올리의 힘은 음의 진동수와 같은 진동수의 진동 토크를 발생하고, 이 토크에 의한 진동을 검출하여  $\Omega$  를 측정한다. 이방식은  $\Omega=0$  인 경우에  $\omega$  의 각진동수를 가진 불필요 진동이 생기는 결점이 있다. 그러나 베어링과 같은 마찰 부분이 없는 이점이 있다.

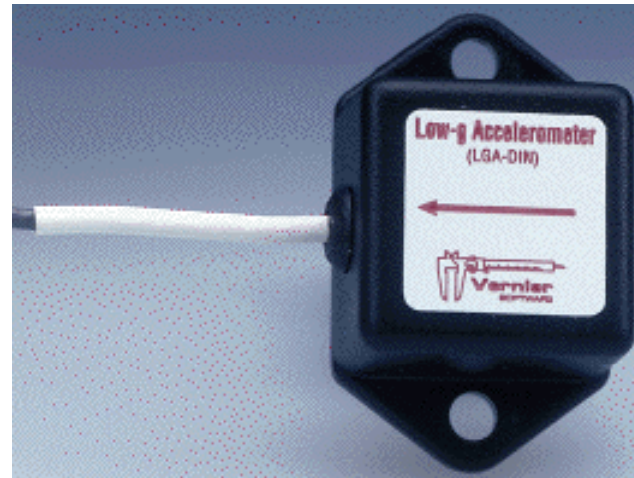
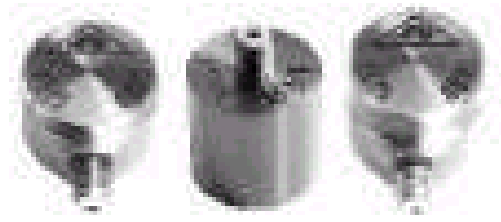


## (2) 자이로식

- b. 유체형 : 운동체로서의 가스를 쓴 것을 그림과 같다. 가스 펌프로 일정 방향의 가스류를 발생시켜, 브리지의 2변의 저항체를 균등하게 냉각시킨다. 여기서 자이로의  $z$  축에 각속도  $\Omega$  이 가해지면 가스 분자가 코리올리의 힘을 받아 가스류가  $y$  방향으로 흐르고, 두 저항값이 불평형하게 된다. 이에 의해서 생기는 불평형 전압이  $\Omega$  에 비례한다. 이 자이로의 구조는 간단하지만 정밀도가 좋지 않다. 이외에도 레이저 자이로형, 회전형 등이 있다.



# 가속도 센서의 모양





## 4-2. 자기센서

▶자장을 유용한 전기 신호로 변환시켜 주거나, 비자기적 신호를 전기적 신호로 변환시키기 위한 중간 매개체의 변환기 역할

▶특징은 무접점 또는 비접촉 측정이 가능

▶전자기 센서 : 직접적인 응용면 과 간접적인 응용면

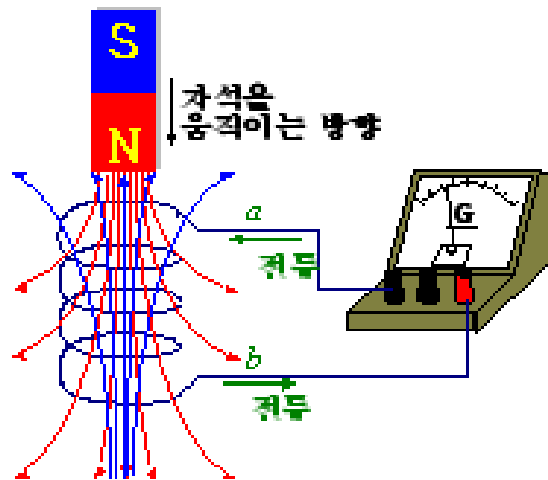
▶직접적인 응용면 : 자속, 자계강도 측정, 방위 측정, 자기 기록 매체로부터의 데이터 읽기, 카드나 지폐의 자성 무늬 식별, 그리고 자기 장치의 제어 등과 같은 직접 자장을 입력하여 전기적 신호로 변환시켜 주는 목적에 이용할 때

▶간접적인 응용면 : 과부하 보호를 위한 포텐셜이 없는 전류 측정, 집적화 적산 적력계, 무접촉 선형 및 각도 위치 측정, 변위 또는 속도 측정 등 비자기적 신호를 전기적 신호로 변환시켜 주는 목적에 이용될 때

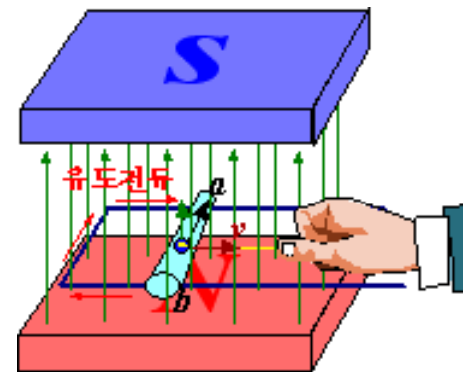
- ❖ 전자유도 작용을 이용한 코일에서부터 Josephson 접합을 이용한 초전도 양자간섭 디바이스(SQUID)까지 광범위하게 응용
- ❖ 실온에서 동작하는 범용성이 있는 반도체 자기 센서의 주류는 전류자기 효과에 의한 Hall 소자와 자기저항 소자이며, 이들은 피측정자계에 대하여 고감도로서 좋은 직선성을 갖는 특징
- ❖ 특징 : 반도체 집적화 공정 기술에 의해 집적화가 가능하기 때문에 다차원 또는 다기능의 성질을 갖는 센서의 제조가 용이하다는 이점
- ❖ 미소자계의 측정이나 극저온에서의 측정을 위해서는 초전도 효과를 이용한 SQUID를 사용한다.

## 4-2-1. 전자 유도 작용(Faraday 법칙)

- 코일에 쇠교하는 자속이 시간적으로 변할 때 코일 양단에 기전력 발생
- 응용 : 자기헤드, 자기포화소자, 서치코일, 플럭스 게이트 마그네토미터



렌츠의 법칙



유도기전력

## 4-2-2. 전류자기효과

- 금속, 반도체 시편에 전류 인가,,,,,전류의 방향에 대하여 수직으로 자장 인가 하면 출력이 변화
- 1 대표 선수 : Hall 효과 ,,,, Hall 소자, 자기 트랜지스터
- 2 대표 선수 : 자기저항 효과 ,,,, 자기저항소자
- 3 대표 선수 : 자기응축 효과 ,,,, 자기 다이오우드
- 소형화, 고기능화 : 반도체 자기센서 많이 이용

## (1) Hall 효과

- 반도체 외부에 자장을 인가하고 한 방향으로 전류를 인가하면 내부의 캐리어는 다른 한 방향으로 힘을 받는다.
- 홀 효과를 홀 전압으로 측정 가능하게 한 것이 홀 소자
- 반도체의 극성 판별에 이용

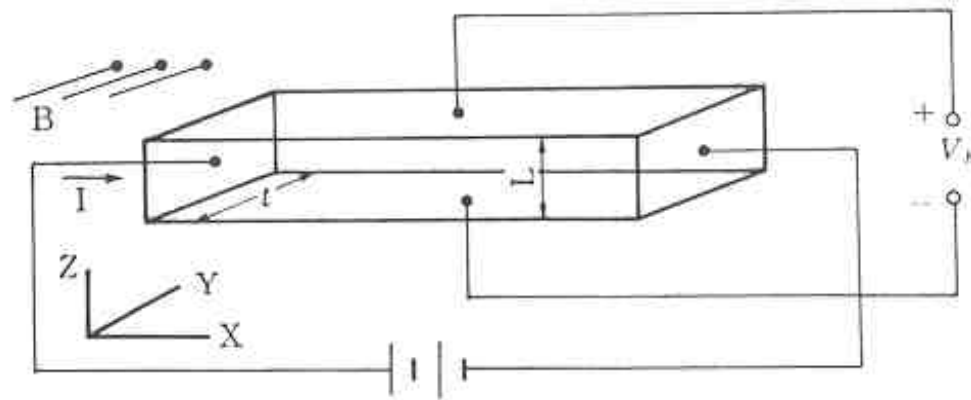
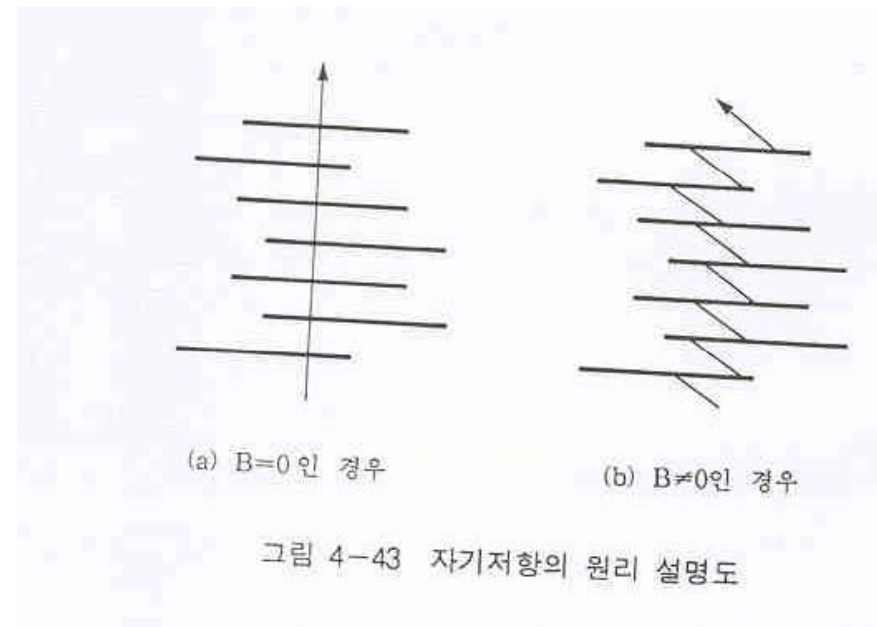


그림 4-42 Hall 효과의 원리 설명도

## (2) 자기저항효과

- 전류가 흐르고 있는 고체 소자에 자장을 인가하였을 때 저항이 증가하는 현상
- 저항변화를 출력으로 ,,, ,인가된 자장 확인

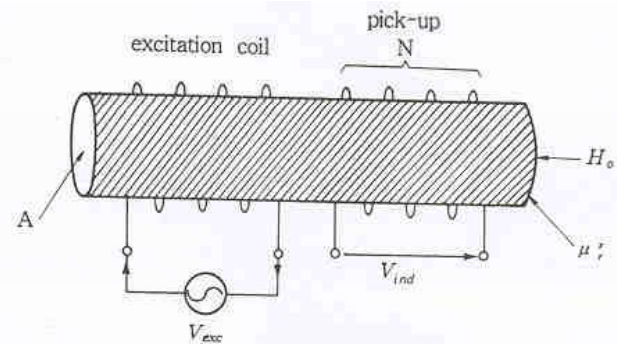


## 4-2-3. 포화철심형 자력계

- 저 자장 측정에 유리
- 우주공간에서의 자기장 측정, 달의 자기장 측정, 지자장 측정
- GPS의 방위각 측정

### (1) 포화철심형 자력계의 특성

- 센서코어에 자화 시켜 외부 자장의 영향 측정
- 외부 자장의 자기장 측정



[포화철심형 자력계의 동작원리 설명도]

## 4-2-4. Hall 소자

### (1) Hall 소자의 특성

- 전류자기 효과 이용
- 정자장의 검출, 자장의 강약, 자극의 판별 이용

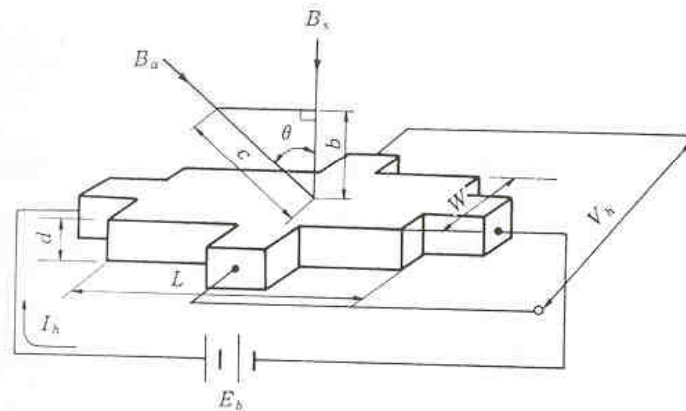
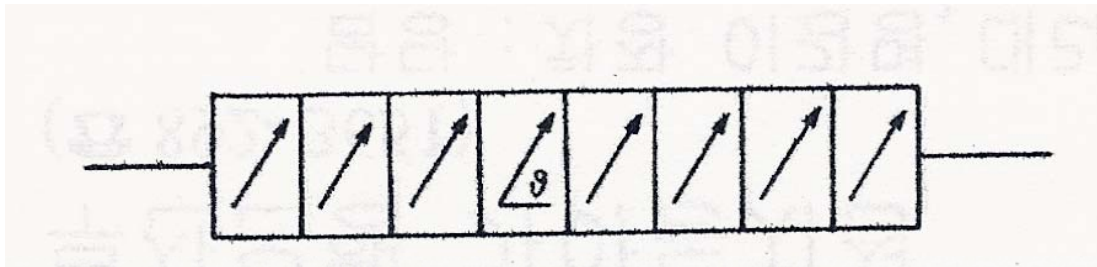


그림 4-44 Hall 소자의 원리도



## 4-2-5. 자기 저항 소자

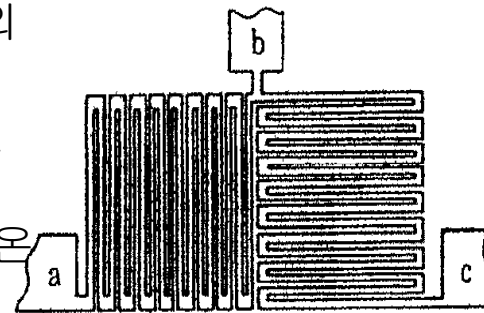
- 개요 : 반도체의 얇은 칩에 전류를 흘리고 자계를 가한 경우에 전류 단자간의 전기저항이 변화
- 종류 : 반도체 자기 저항 소자, 강자성체 자기 저항 소자
- 반도체자기저항소자 :
  - ① 래스터판 구조 : 길고 가는 반도체의 위에 긴 방향과 직각으로 단락 스트라이프가 부착되어 있고 자기 저항 소자를 다수 직렬로 접속한 구조로 소자수를 많게 하면 저항값을 크게 할 수 있다.
  - ② 용도 : 무점촉 가변 저항기, 포텐셔미터, 자속계, 전류계, 변위 및 진동 픽업, 승산기, 아날로그 계산기, 마이크로파 전력계, 회전계, 지폐 식별 센서 등



- **강자성 자기저항소자** : 자계가 크게 되면 저항이 직선적으로 감소하는 부성자기저항효과와 자화 방향과 전류 방향이 이루는 각도에 따라 저항이 이방적으로 변화하는 이방성 자기저항효과
- ① 이방성 자기 저항 효과 : 저자계 강도에 우수하고 소자의 소형화, 고저항화의 목표로부터 박막에서 굽힘선 모양으로 구성되어 있고 Ni-Co 합금이 사용됨

### ■ 강자성 자기 저항 소자의 특징

- ① Hs(포화 자계) 이상의 자계에서 사용하면 자계의 방향이 검출된다.
- ② 출력 레벨이 자계 강도에 관계 없이 안정되어 있다.
- ③ 금속으로 되어 있으므로 반도체에 비해 출력의 온도 변화가 적다.
- ④ 고온까지 사용할 수 있다.
- ⑤ 동일기판상에 복수 개 센서의 배열 집적화가 용이하다.
- ⑥ 다기능화가 가능하다.
- ⑦ 저자계에서는 큰 출력이 얻어지나 바로 포화된다.



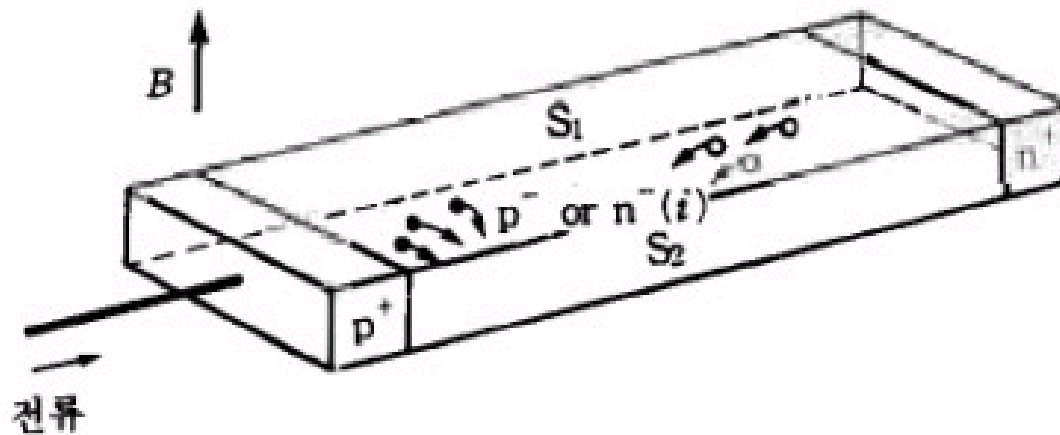
a, c 단자 : 전류 단자  
b 단자 : 전압 단자

### ■ 강자성 자기 저항 소자의 응용:

고밀도 자기 센서, 고정밀도 위치 센서, 리니어 위치 센서, 로터리 인코더, 마그네틱 스위치, 프린터의 인자 배열기 등

## 4-2-6. 자기 Diode

- 자기 다이오드의 동작 원리는 자기응축효과(magnetoconcentration effect) 또는 Suhl 효과라고 불리는 복합적인 전류자기 효과에 기초
- 캐리어 주입, Hall 효과, 그리고 캐리어들의 표면 재결합 또는 생성
- 저항 변화는 대체로 자속밀도에 비례하므로 출력으로부터 자장을 감지할 수 있다.



## 4-2-7. Squid(초전도 양자 간섭 소자)

- 고감도 자기센서
- 납, 니오브 등의 금속은 액체 헬륨 온도(4.2K) 부근에서 갑자기 전기 저항이 0으로 되는 초전도 상태로 나타나며. 이와 같은 초전도 상태의 금속을 매우 얇은 절연물을 삽입해 접합시키면(조셉슨 접합) 외계의 자기 변동을 양자 단위로 측정할 수 있는 초전도 자기 센서

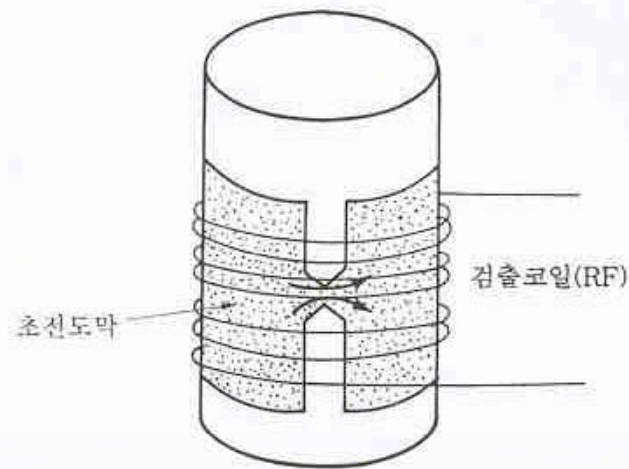


그림 4-48 SQUID 자기 센서

## 특징

- ① 고선명도로 측정하기 위해서는 고성능인 자기 실드룸이 필요하다.
- ② 자계 검출 감도는 백억분의 1가우스로 매우 고감도이다.
- ③ 고가인 액체 헬륨을 사용해야 한다.

■ 용도 : 심전계, 근전계, 뇌파계등의 생체 자기계측과 인공 위성을 이용한 자원 탐사, 지구 자기 계측, 대전류 안정화, 변위 계측 등

## 병의 진단

- ① 전자식 혈압계용 Si 압력 센서
- ② 체온 측정기용 등에는 온도 센서
- ③ 혈액 분석계에는 Na이온, K이온 등을 검출하는 이온 센서
- ④ X선과 CT 장치에는 X선 센서로써 Xe 가스나 BGO 신티레이션 검출기
- ⑤ 심전계, 근전계, 뇌파계 등의 전자 장치

## 생체 자기 계측 :

자계를 고정밀도로 검출하여 생체에 생기고 있는 이상을 진단

## 4-2-8. 자기센서의 응용

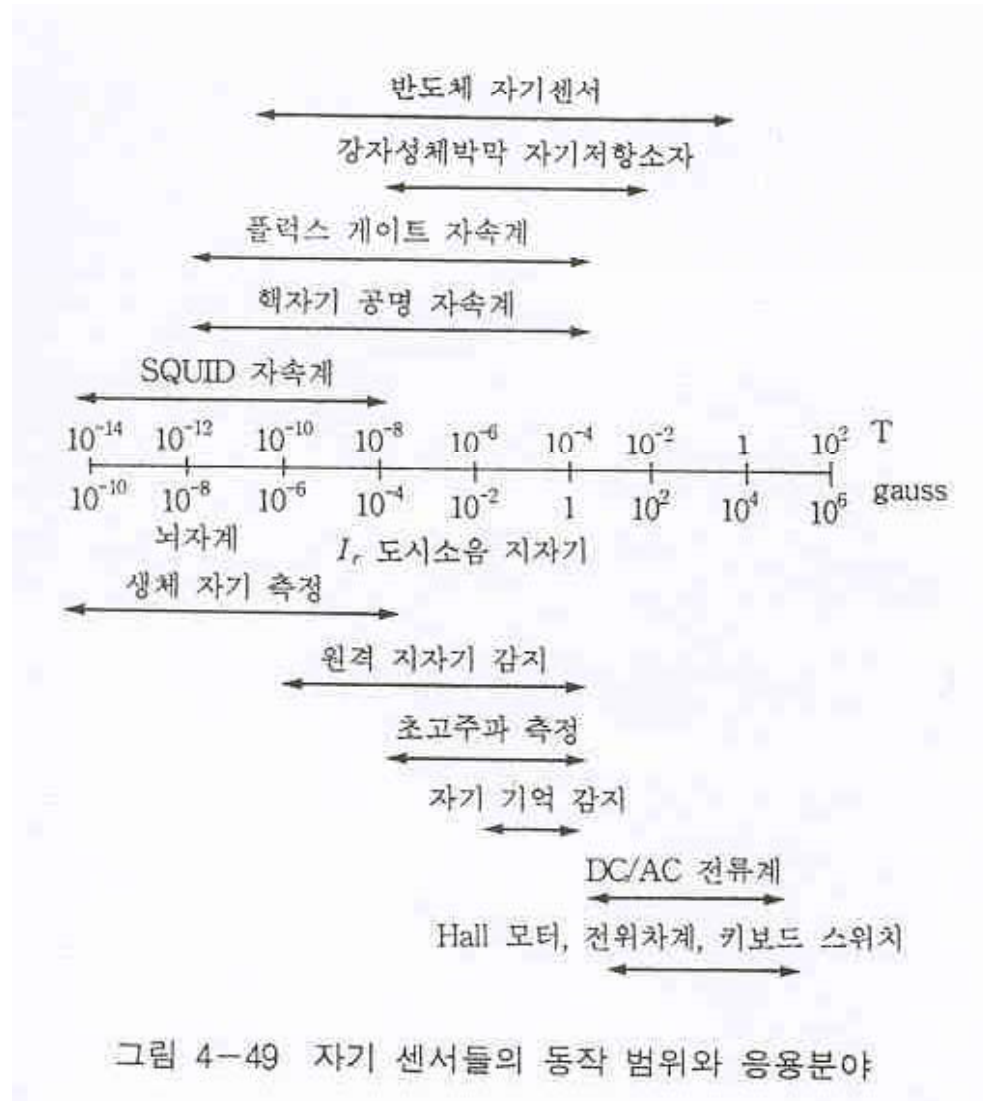


표 4-3 자기 센서의 주요한 이용분야와 그의 응용제품

자기센서의 용도	브러시리스 모터 (70%) (Hall 모터)	플로피 디스크 (floppy disk)
		하드 디스크 (hard disk)
		VTR 실린더 모터
		캡턴(capstan) motor
		비디오 디스크 모터
		에어콘 (aircon)
		컴퓨터의 단말
		의용전자기기
		기타

자기센서의 용도	자동차 전장부품 (15%)	회전계 (tacometer)
		디스트리뷰터(distributer)
		무접점 이그나이터(igniter)
		기타
	계측기기분야 (3%)	전류계, 전력계 (아날로그 승산기)
		Gauss 미터
		자기방위계
		회전검출기
		유량계
		기타
	기타 (12%)	자동판매기
		전자 자물쇠
		근접센서
		키보드
		금속탐지기
		기타

## 4-3. 광 센서

- ▶ 빛을 이용하여 대상을 검출하는 소자(素子).
- ▶ 센서란, 인간의 감각기관 구실을 하는 장치를 말하는데, 그 중에서 시각(視覺)에 해당되는 것.(시각 센서)
- ▶ 예전에는 자연의 빛을 감각하는 것이었으나, 지금은 인공적으로 큰 빛을 발하여, 그 빛이 물체에 부딪혀 반사되어 오는 것을 받아들여, 그 물체의 움직임이나 빠르기 따위를 알아내는 구조로 다양화.
- ▶ 빛의 양, 물체의 모양이나 상태·움직임 등을 감각하는데, 눈의 구실을 하는 것이 렌즈.
- ▶ 검출 대상으로는 눈에 보이는 가시 광선, 눈으로 볼 수 없는 자외선, 적외선 등.
- ▶ 파장의 차이뿐 아니라 전자기파(빛도 전자기파의 일종이다)의 성질도 다양
- ▶ 검출 대상, 검출 파장, 사용 목적에 따라 센서 엘리먼트(소자)를 잘 분간해서 사용.



➤ 광센서의 종류에는 포토다이오드, 포토트랜지스터, 포토 IC, Cds, 태양전지, CCD 이미지 센서 등

➤ 특수한 것 : 광전관, 포토멀, 촬상관

➤ 광센서를 사용하면 로봇을 자동적으로 이동 가능.

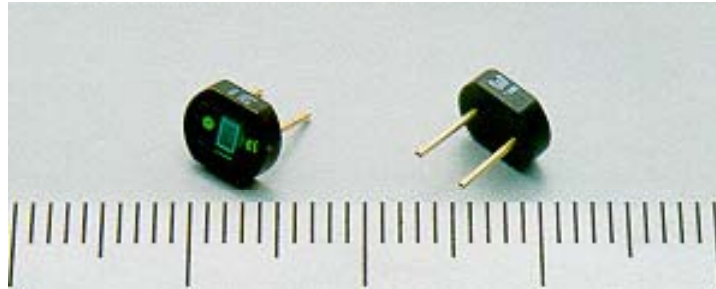
- 초음파나 적외선을 로봇의 전방에서 발사

- 물체로부터 되돌아오는 빛의 강약으로 제 위치를 확인

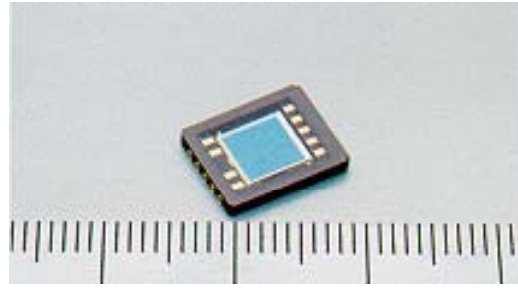
- (장애물로부터 멀어져 있으면 받는 빛은 약해지고, 가까워지면 강해진다. 그러므로 어느 일정한 빛의 세기에서 멈추어 서도록 로봇에게 가르쳐 놓으면 앞쪽에 물체가 있을 때 판단해서 선다. 그리고 그 이상 앞으로 나아가지 않고, 진행 방향을 바꾸는 것이다.)

➤ 센서 중에서도 주류를 이루는 것이 광센서이며, 특히 컴퓨터에 의한 이미지(화상·도형·문자·물체 등)의 직접 인식에 있어서, 높은 정밀도의 이미지 센서 수요가 늘어날 전망이다.

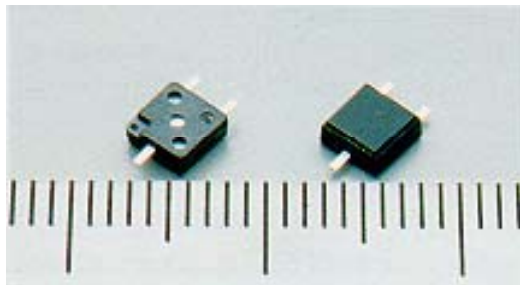
[범용 포토 다이오드]



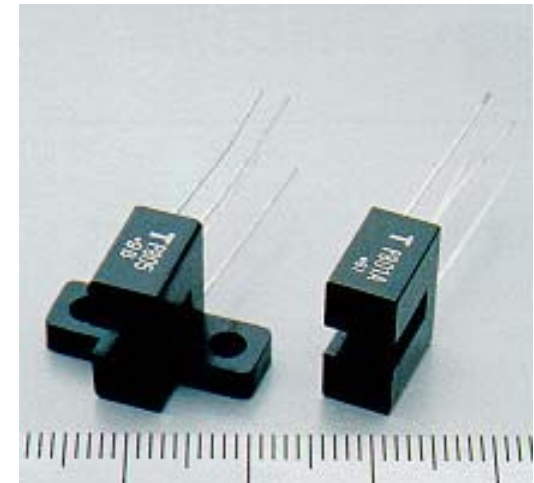
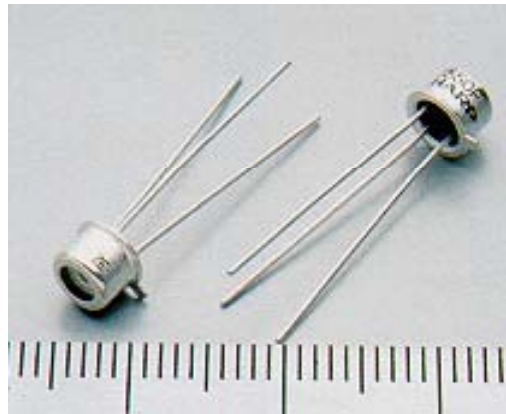
[고속형 포토 다이오드]



[적외선용 포토 다이오드]



[범용 포토 트랜지스터]



## ❖ 광섬유 센서

- 전자기파의 영향을 받지 않기 때문에 전기적인 센서를 사용하기 어려운 대상에 적용이 가능
- 크기가 작아 복합재료나 콘크리트 구조물과 같은 측정대상에 삽입이 가능
- 민감도와 분해능이 우수
- 다중송신이 가능한 장점
- 변형률, 온도측정, 구조물의 건전성 감시, 충격과 진동의 감지 등의 측정 가능

## ❖ 적외선 센서(Sensors)

➤ 우리 눈에는 보이지 않으면서 빨간색 보다 파장이 긴 전자기파 영역.

전자기파란 사람이 들을 수 있는 매우 낮은 주파수의 음파에서부터 시작하여 초음파 영역, 라디오, 텔레비전, 휴대폰, 레이더에서 사용하는 라디오파 영역, 적외선 영역, 가시광선 영역, 자외선 영역, X-선 영역, 그리고 우주선 영역 등의 매우 광범위한 영역을 지칭.

사람이 볼 수 있는 전자기파의 영역은 가시광선 영역인데, 이는 전자기파의 영역에서 볼 때 매우 좁은 영역에 불과

자연에 존재하는 대부분의 전자기파를 사람은 느낄 수 없는 것. 이러한 전자기파는 잘 사용하면 인체에 좋은 것도 있지만 대부분 인체에 나쁜 것으로 알려져 있다.

▶ 적외선을 보다 잘 내놓는 물질이 있는가 하면 그렇지 못한 물질도 있다. 일반적으로 세라믹 계열인 벽돌, 진흙, 도자기, 황토 등에서는 많이 나오며, 금속 물질인 금, 은, 구리, 철 등에서는 별로 나오지 않는다.

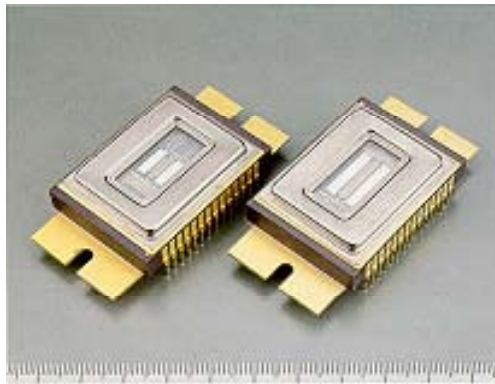
▶ 적외선과 온도와의 관계를 알려면 흑체의 적외선 방사 현상을 이해해야 한다. 이 물리 현상은 1900년대 초창기에 여러 물리학자들에 의해 연구되었으며, Planck라는 과학자에 의해 체계적으로 정립이 되었다. 흑체란 색깔이 검다는 것을 의미하는 것이 아니라 빛이 흑체 내부로 들어가게 되면 다시는 밖으로 나오지 않아 결국 흑체 내부에서 완전히 흡수됨을 뜻하는 것이다.

▶ 이것을 다른 말로 풀이하면 흑체에 열을 가하면 이 열은 모두 흑체에 흡수되어 흡수된 열은 적외선이라는 형태로 손실 없이 나온다는 것을 뜻한다. 온도가 올라가면 적외선이 나오는 파장의 최대값은 가시광 쪽으로 이동하고 보다 많은 양의 적외선이 나오며, 온도가 낮을수록 파장의 최대값은 긴 파장 쪽으로 이동하며 나오는 적외선의 양도 작아지는 것을 의미한다. 그리고 300K(27°C)인 상온에서는 파장의 최대값이 10  $\mu\text{m}$  근처이며, 500K (223°C)의 온도에서는 5  $\mu\text{m}$  근처에서 최대값을 가진다.

## ➤ 적외선 센서의 원리

- 적외선 영상 시스템에서 가장 핵심이 되는 기술은 사람 눈에 해당되는 적외선 센서의 개발
- 센서의 재료에는 작동 원리에 따라 크게 양자형(photon)과 열형(thermal)
- 양자형은 주로 반도체 재료 : 반도체 재료들은 특성은 좋으나 액체 질소 온도( $-193^{\circ}\text{C}$ )에서 작동한다는 단점, 대부분 낮은 온도에서 작동
- 열형은 반도체 이외의 재료 : 성능은 반도체에 비해 다소 떨어지지만 대부분 상온에서 동작한다는 장점, 상온에서 동작

[ 포토 다이오드 ]



[ 초전형 적외선 센서 ]



## ▶ 광 센서의 종류

### ▶ 1. 투과형 포토센서

▶ 투광기와 수광기를 동일 광축 선상에 서로 마주보게 설치해두고, 그 사이를 통과하는 검출물체에 의해 광량의 변화가 발생하는 것을 검출하여 출력하는 방식.

### ▶ 2. 미러 반사형 포토센서

▶ 투·수광부가 일체로 된 포토센서와 반사경 사이를 통과하는 검출물체에 의해 반사광량의 변화가 발생하는 것을 검출하는 방식.

### ▶ 3. 직접 반사형 포토센서

▶ 투·수광부가 일체로 되어 있으며, 투광부로부터 투사된 광이 검출물체에 반사된 광을 수광부가 직접 검출하여 출력하는 방식

## ❖ 실물 구경하기



# 4-5. 음향 센서

➤ 소음 센서

➤ 진동센서

➤ 초음파 센서

➤ 응용원리 : Compton 효과, 전자쌍 생성 등

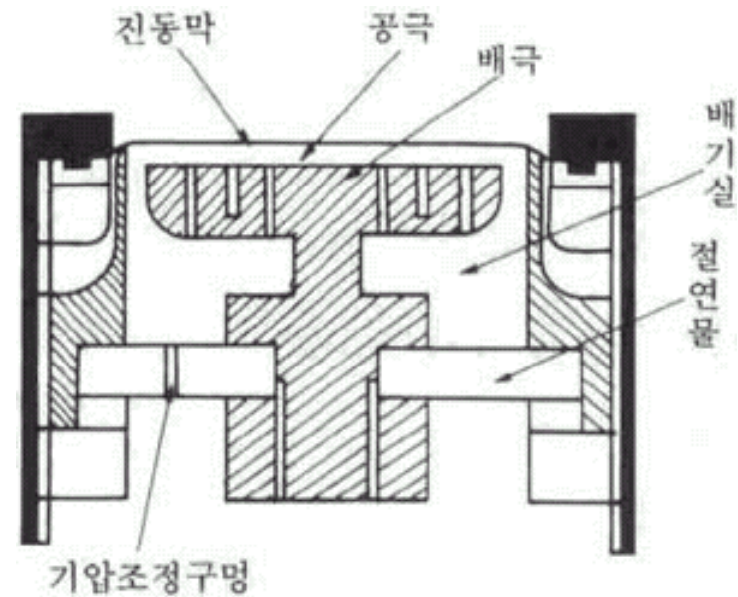
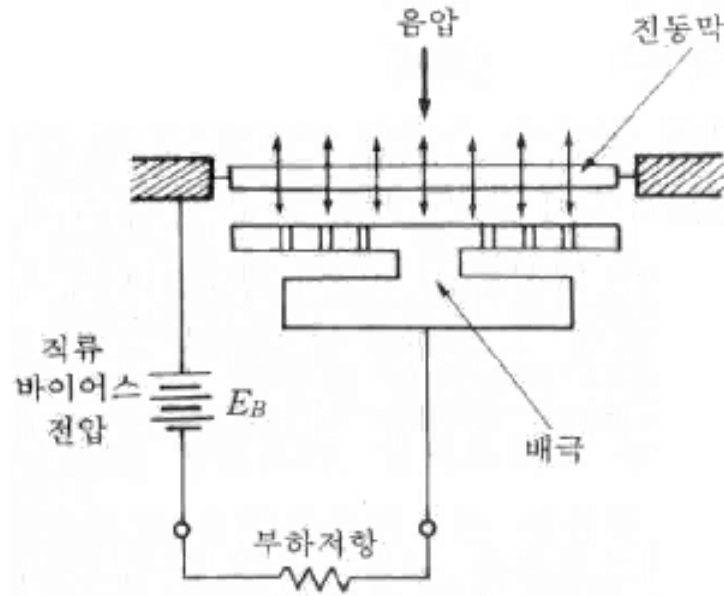
## ➤ 1. 기본 개념

전기 음향 변환기의 원리에는 여러 가지가 있는데 그 중 에서 마이크로폰에 응용되고 있는 것은 대개 동전형, 정전형, 압전형, 접촉저항형(탄소형) 중 한 가지이다. 현재 음향 계측용으로 사용되고 있는 마이크로폰은 대부분이 직류 바이어스 방식의 정전형이며, 일부에서 초저주파음 또는 초고음압을 계측하는데 세라믹 소자를 사용한 압전형이 사용되고 있다.

## ➤ 소음 센서

### ➤ a. 정전형

그림과 같이 음압에 따라 진동변위하는 가동 전극(진동막)과 대단히 좁은 간격으로 대항하는 고정전극(배극)으로 평행판 콘덴서를 구성하고 음압에 따라 진동막이 변위하면 이의 정전 용량이 약간 변화한다. 이러한 정전 용량 변화를 검출하는 방법으로 양쪽 전극 사이에 직류 바이어스 전압을 가하는 방법이 있는데 가장 일반적인 방법이다.

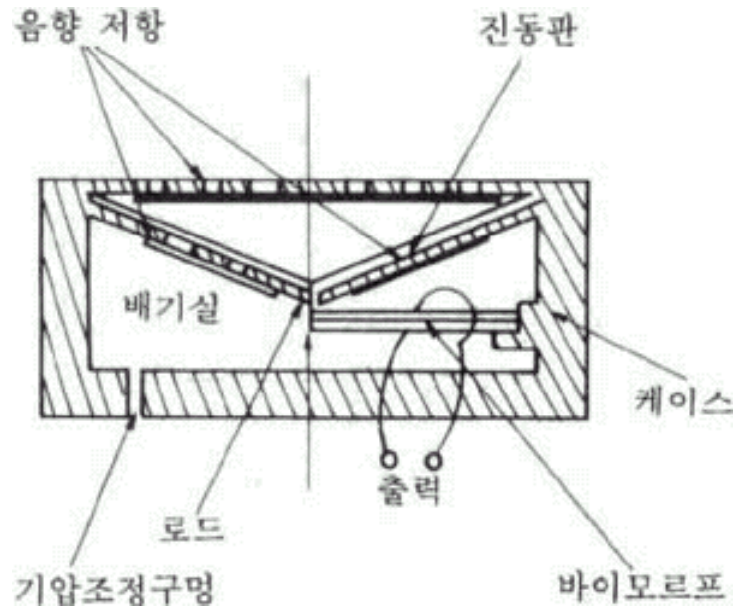


## ➤ 소음 센서

### ➤ b. 압전형 마이크로폰

물질에 외력을 가하여 변형이 생기면 그 변형에 비례한 전하가 생겨서 전압을 발생하는 것이 있는데 이러한 현상을 압전효과라 한다. 마이크로폰에는 지르콘탄산염 등의 자기에 의한 소자를 사용하고 있다.

세라믹 마이크로폰의 기본 구조는 다음과 같다.



➤ 세라믹 소자는 바이모르프라고 하는 구조를 취하며, 굽힘 응력에 대하여 전하를 발생하도록 되어 있다. 세라믹 소자는 기계 임피던스가 높으므로 임피던스가 낮은 공기와 정합을 취하기 위하여 성형된 진동판과 로드를 통해서 소자에 외력을 가하는 구조로 되어 있다. 세라믹 마이크로폰도 정전형과 같이 그 출력 전압은 진동판의 진동 변위에 비례하기 때문에 진동계는 탄성제어가 되도록, 설계하고 사용주파수 범위는 진동계의 공진 주파수 근처보다 낮은 주파수 범위이다. 또한 전기 임피던스도 정전형과 같이 용량성이 높은 임피던스이며, 일반적으로 임피던스 변화기를 통하여 출력 전압을 인출한다.

➤ 소음 센서

➤ 진동센서

➤ 초음파 센서

➤ 응용원리 : 진폭, 진동수측정,

➤ 1. 진동의 측정

기계진동의 측정은 길이의 동적인 측정의 하나의 응용에 불과하지만 동적이므로 여러 가지 곤란한 문제가 생긴다. 기계진동에는 직선진동과 회전진동이 있고 진동의 속도, 가속도가 문제가 되며 또 이들의 응용으로서 진동효과 같은 양도 측정된다. 또 진동과 관련하여 충격도 대상이 된다. 진동을 분석하면 진폭, 진동수, 위상으로 이루어지고 있지만 현상은 언제나 정상적인 것이 아니고 오히려 비정상인 것이 보통이므로 대개의 경우 시간에 대한 파형을 기록하여 거기에서 여러 가지 해석을 행한다. 그러나 편의적인 방법으로서 진폭 또는 진동수만을 딸 측정하는 방법도 가끔 쓰인다. 진동수의 측정은 시간의 측정이다.

## ➤ 진동센서

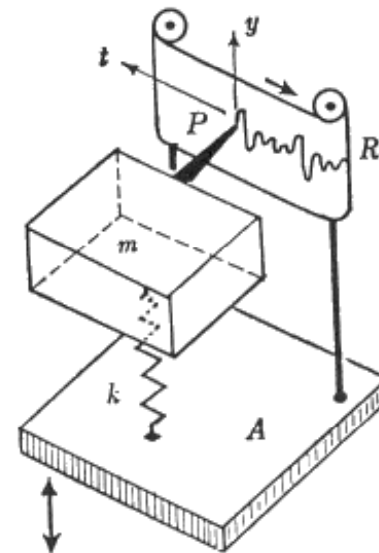
➤ 2. 진동계의 원리 진동의 측정은 크게 나누면 다음의 두 가지가 된다.

a) 진동체 위에 두고 그 진동을 측정하는 경우

b) 진동체의 외부의 정지점에서 진동을 측정하는 경우

지진이나 건조물의 진동, 배, 비행기, 차등의 동요등은 외부에 정지점을 구해서 측정하기가 불가능하므로 전적으로 a)의 방법에 의하게 되지만 기계류의 진동의 경우에는 가까운 곳에 움직이지 않는 기준이 되는 점을 발견할 수도 있으므로 이런 경우에는 b)의 방법을 이용할 수 있다. 그러나 a)의 방법이 보편적이므로 진동계라고 하면 보통 a)의 방식에 의한 진동계를 말한다. 다음그림은 진동측정의 가장 기본적인 예를 보여준다.

➤ 그림은 한 개의 추가 스프링으로 지지 되어 상하방향으로만 움직일 수 있게 한 1 DOF의 진동계이다. 이 진동계가 상하로 정현진동을 행하였을 때 추는 판에 대하여 어떤 운동을 하는 가를 조사한다

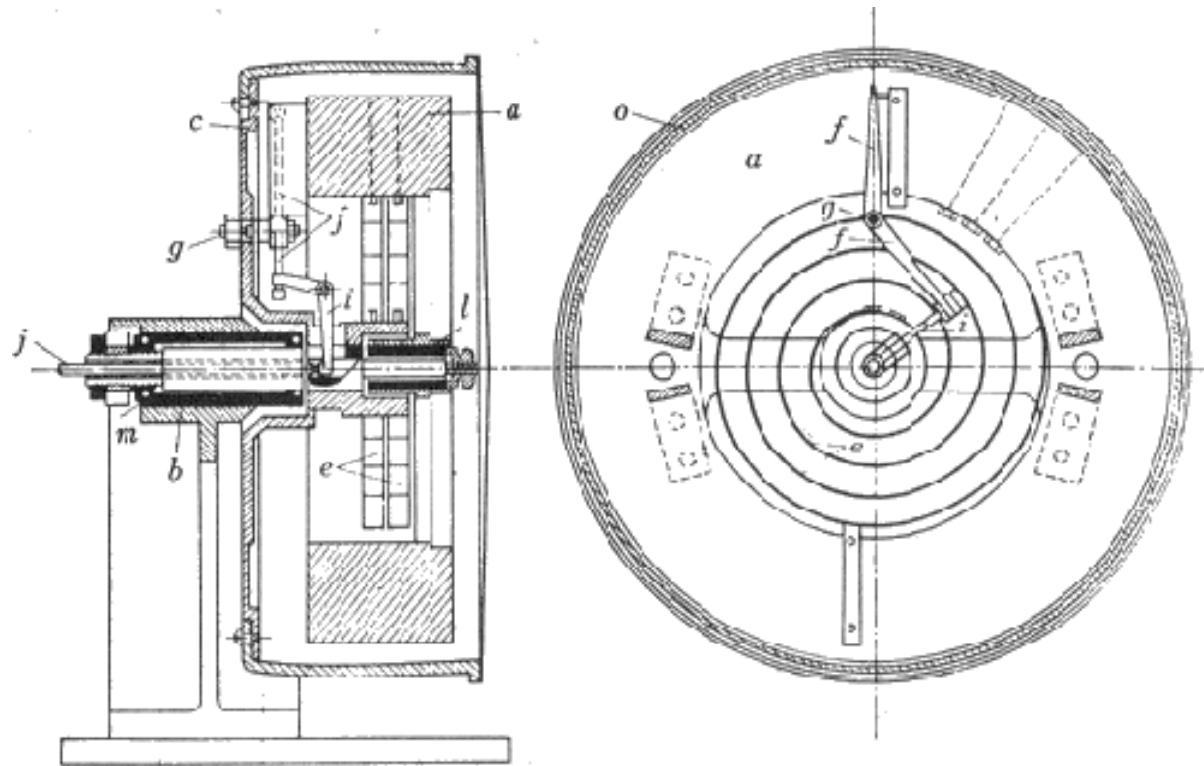


## ➤ 진동센서

### ➤ 3.진동계의 종류

#### ➤ a .Geiger (가이거)

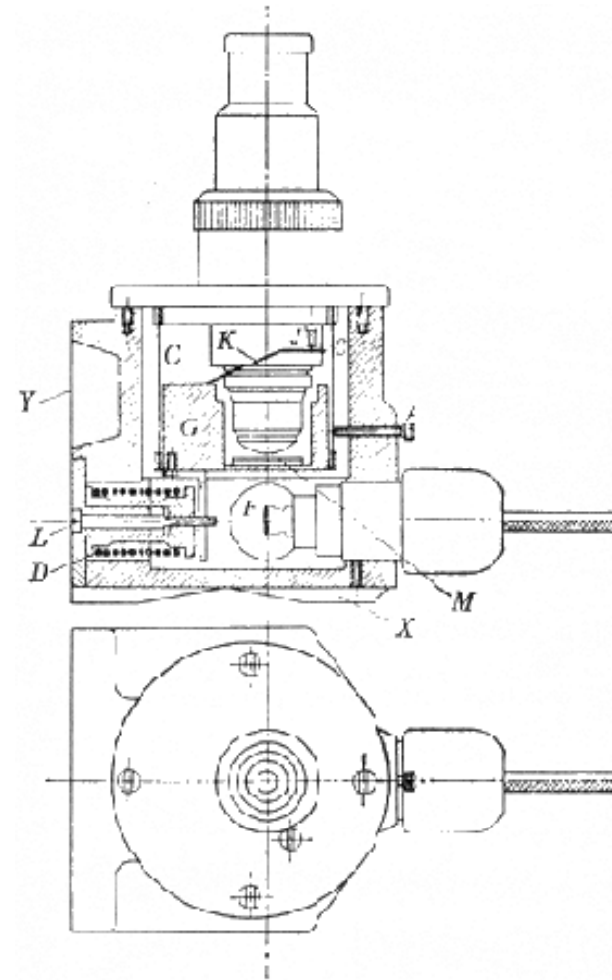
이것은 회전진동계로서 증기기관, 내연기관등의 비교적 저속기관의 회전진동 측정용으로 제작된 구식 진동기이며 회전플라이휠일 대신에 진자를 사용하여 직선진동의 측정에 이용할 수 있는 것이다. 그 구조는 다음 그림과 같다.



## ➤ 진동센서

### ➤ b. Sip (싹)

기계적 진동계로서는 아주 소형이며 기계의 목적의 위치에 올려놓고 진폭을 측정하는데 편리하다. 그구조는 다음 그림과 같다.



➤ 소음 센서

➤ 진동센서

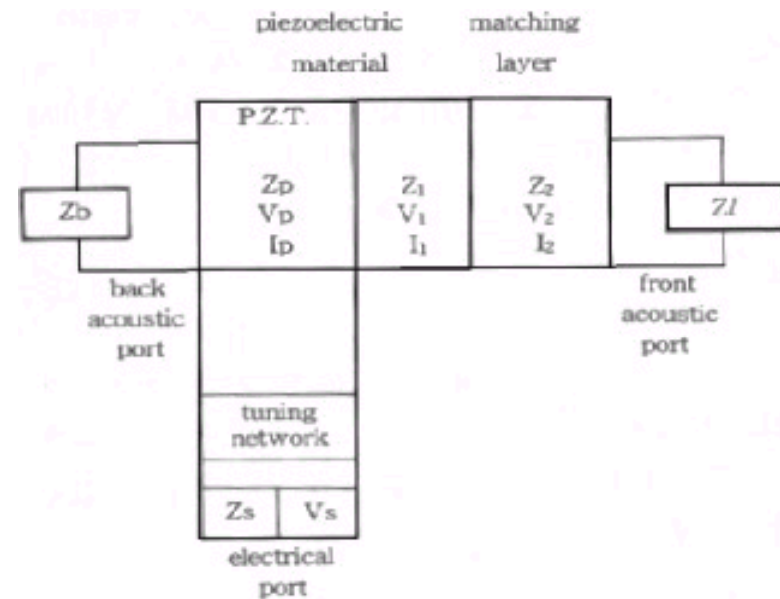
➤ 초음파 센서

➤ 응용원리 : 전자기 유도, 전기변형, 자기변형 등

➤ 초음파란 성인이 들을 수 있는 범위 (20kHz)이상의 높은 주파수의 소리를 일컫는다. 초음파의 발생기구는 크게 트랜스듀서(electromechanical transducer)와 고주파 전원(high frequency power supply)으로 구성된다.

➤1. 초음파 센서의 기본 구조

그림에서 압전 물질은 두께 방향 진동자로 동작되며 1~3개의 정합층을 거쳐 그림에서 Z로 표시된 물체내부를 향해 초음파가 방사된다





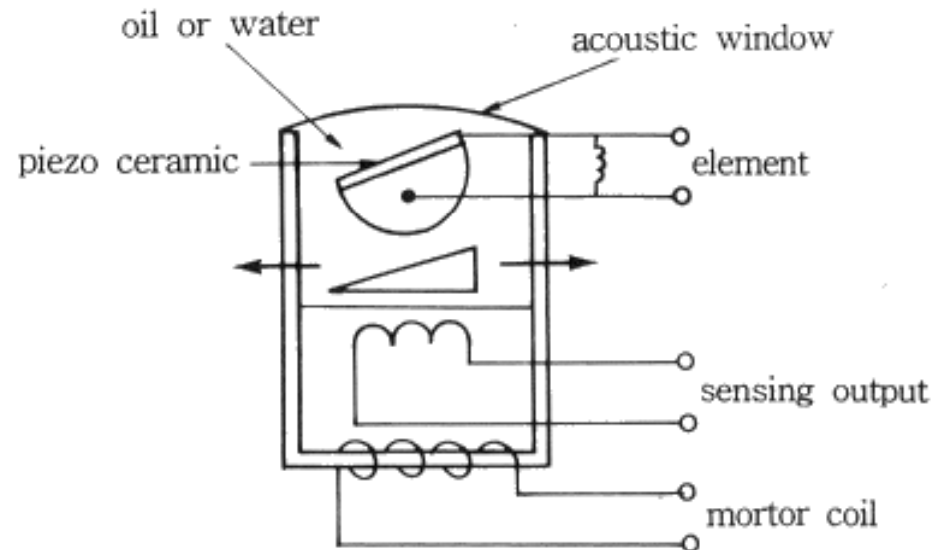
## ▶ 초음파 센서

- ▶ **a. 압전 진동자**: 센서에서 가장 중요한 요소는 초음파를 발생하고 수신하는 능동 소자이며, 보통 압전 물질을 능동 소자로 사용한다. 센서의 감도와 해상도는 압전 진동자의 전기적, 기계적 특성과 밀접한 관계가 있다. 현재 보통 사용되고 있는 압전물질은 전기-기계 결합계수가 큰 PZT 계열의 압전 세라믹이다. 그러나 압전 세라믹은 음향 임피던스가 매우 커서 임피던스 부정합으로 인한 어려움이 있다.
- ▶ **b. 음향 정합층**: 압전 진동자의 음향 임피던스는 약 30~40Mrayl이고 물의 음향 임피던스는 약 1.5Mrayl이므로 대부분의 초음파는 그 경계면에서 투과하지 않고 반사하게 된다. 따라서 진동자와 물 사이에 정합층을 두어서 초음파가 잘 전달되도록 해야 한다.
- ▶ **c. 후면층(backing)** : 압전 진동자 전면에는 정합층을 부착하여 음향 임피던스를 물체에 정합시키는 반면에, 진동자 후면에는 후면층을 부착하여 후방으로 방사된 초음파를 흡수함으로써 초음파 펄스의 길이를 줄이는 역할을 한다.
- ▶ **d. Tuning**: 압전 진동자는 전기적 유전체로서 정전 용량을 갖고 있다. 이 정전 용량은 센서가 초음파를 발생시키는 송신기로 사용될 때 초음파의 rise time 을 증가시키며, 또 신호원을 shunt 시켜 필요한 전류량을 증가시킨다. 또한 수신기로 동작할 때는 센서의 부하로 작용하여 전기적 출력을 감소시키므로 이를 상쇄시키기 위한 전기적 tuning 이 필요하다. Inductance에 의한 series tuning 은 중심 주파수 대역에서 정전 용량을 간단히 줄일 수 있어 많이 사용한다
- ▶ **e. 음향 렌즈**: 초음파를 집속시키기 위해서는 여러 센서 소자를 시간차를 두어 동작시키는 electronic focusing 또는 음향 렌즈가 이용된다. 렌즈의 재료로는 음향 손실이 적은 에폭시가 사용되며, 볼록형일 때는 고무 종류를 사용한다.

## ➤ 초음파 센서

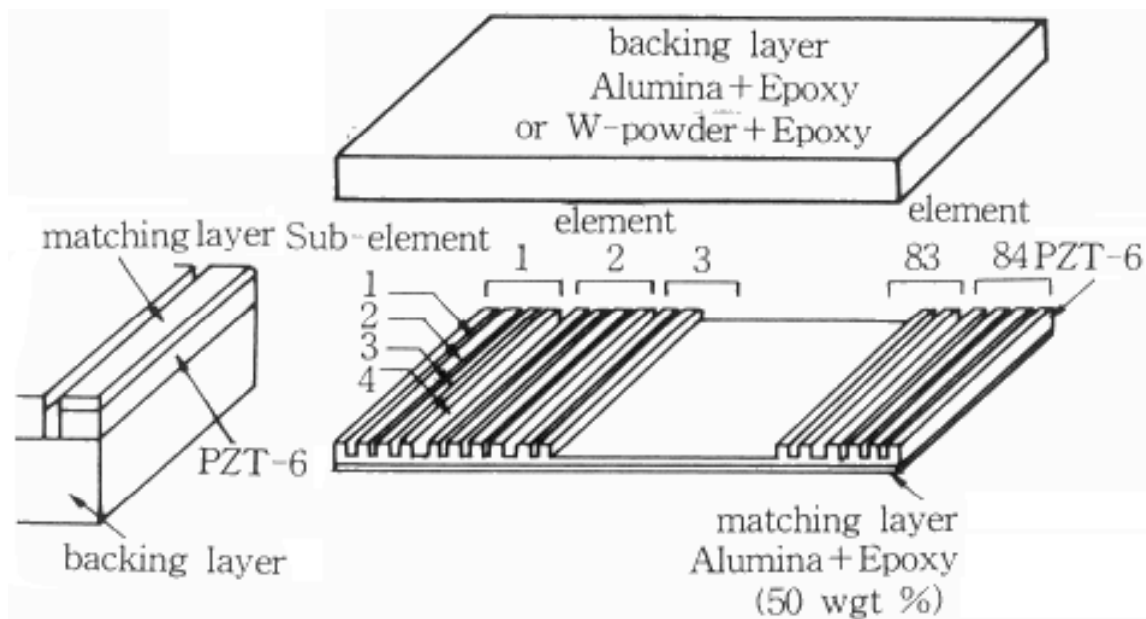
### ➤2. 초음파 센서의 종류

➤a. Sector 주사용 센서: sector 주사는 인체 표면의 한 점에서 부채꼴 처럼 여러 방향으로 주사하는 것으로, 주사각도를 자유롭게 바꿀 수 있고 심부에서의 시야가 넓은 특징을 가지고 있다. 센서의 구조는 그림과 같이 센서 부분과 이를 구동하는 모터로 구성되며, 압전 세라믹 앞에는 물이나 기름 등의 액체를 채워 초음파 전달이 용이하도록 한다.



## ➤ 초음파 센서

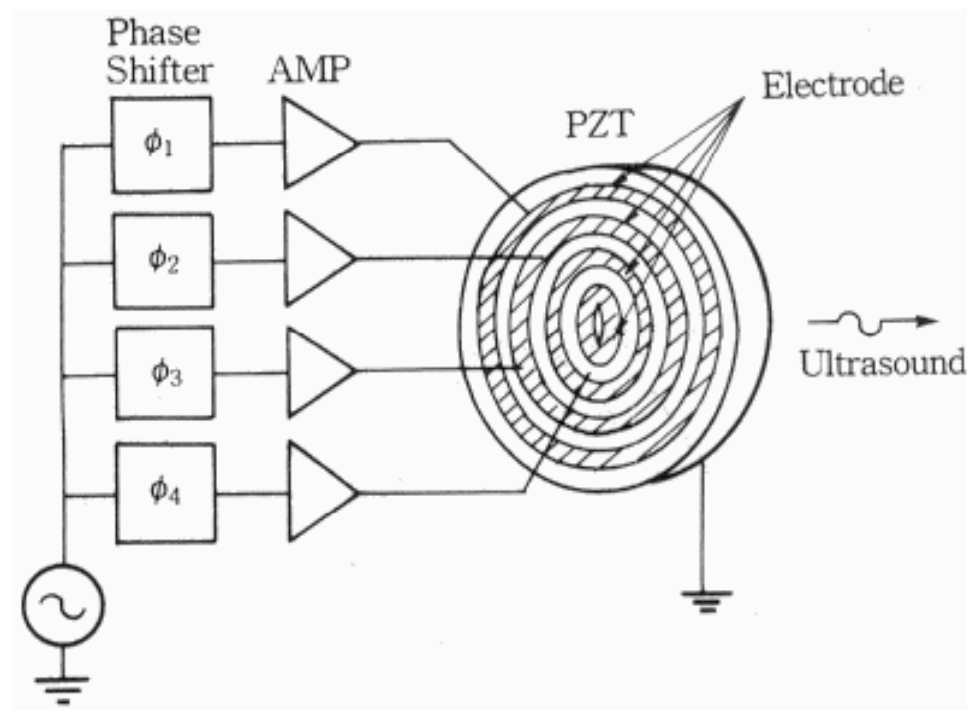
➤b.선형배열센서: 선형 배열 센서는 센서가 여러 개의 가늘고 긴 미소 진동자 군으로 되어 있으며, 그림에서는 간단한 구조로 나타내었다. 압전 진동자는 다른 경우와 마찬가지로 PZT-5 계열을 사용하며 그 두께는 중심주파수에서 파장의 1/2이다. 사용되는 주파수는 보통 3.5 MHz, 5MHz, 7.5 MHz 이다.



## ➤ 초음파 센서

➤c.컨벡스 프로브(convey probe) : 컨베스 프로브는 선형 배열 센서와 비슷하나 압전 진동자의 표면을 곡면으로 볼록한 형태가 되도록 배열시킨 것으로 여러가지 유리한 점이 있다.

➤d.동심환 배열 센서: 동심환 배열 센서는 원판형의 압전 소자를 고리 모양으로 나눈 적은 수의 요소를 사용하여 2차원적으로 집속을 하여 그림과 같이 축방향으로 원하는 곳에 쉽게 초점을 만들 수 있다.



## ➤ 초음파 센서

### ➤3. 초음파 센서의 응용

측정대상	측정원리
flowmetry	유속과의 동적결합에 의한 속도 변화
thermometry	온도에 따른 매질 물성변화에 의한 속도 변화
density, porosity	매질 밀도변화에 의한 속도 변화
pressure	압력에 따른 매질 물성변화에 의한 속도 변화
dynamicforce, vibration, acceleration	외부 진동에 의해 진동자에 발생하는 전하
displacement	기준점에서 변위점까지의 비행시간 변화
viscosityinfluids	점성변화에 의한 속도, L 감쇄도 변화
level	기준점에서 수면까지의 비행시간 변화
location	기준점에서 목표점까지의 비행시간 변화
humidity, gas	가스농도 변화에 따른 속도, 감쇄도 변화
phase, microstructure	매질 물성변화에 의한 속도, 감쇄도 변화
thickness	두께변화에 따른 비행시간 변화
composition	매질 조성변화에 따른 속도 변화
anisotropy, texture	매질 이방성, 조직에 따른 속도, 감쇄도 변화
nondestructive testing	매질 내부 구조에 따른 진폭, 속도 변화
stress and strain	매질 물성변화에 의한 속도, 감쇄도 변화
acousticemission	매질 내부상태에 따른 신호의 크기, 빈도
imaging, holography	대상체 형상에 따른 진폭, 위상 변화
elasticproperties	매질 물성에 따른 속도, 감쇄도 변화
burglardetection	대상체의 존재 유무에 따른 비행시간 변화

# 4-6. 온도 센서

➤ 열전쌍

➤ 써미스터

➤ R.T.D.

➤ 열량센서

➤ 반도체 온도센서

➤ 온도계.

➤ 응용원리 : 전기저항, 광전기전도, 열기전력, 전기변형, 트랜지스터 특성, 색, 복사 등

➤ Seebeck effect (제백효과) :

서로 다른 2종류의 도체 또는 반도체의 양쪽 끝을 접합하여 회로를 만들 때 이 둘 2 접점의 온도를 서로 다르게 하여 주면 이 회로에 기전력이 발생하는 현상

➤ Peltier (펠티의 효과) :

다른 종류의 도체 또는 반도체 접점에 전류를 흘리면 그 접점에 줄 열외의 다른 종류의 열의 발생 또는 흡수가 일어나는 현상.

전류의 방향을 바꾸면 열의 발생과 흡수도 바뀐다

➤ Thomson effect (톰슨 효과):

균질한 금속에 온도 기울기가 있을 때 그것에 전류가 흐르면 열이 흡수되거나 방출되는 현상.

전류를 고온부에서 저온부로 흐르게 하면 철에서는 열을 흡수하고, 구리에서는 열을 방출한다. 철과 같은 물질은 톰슨 효과가 음이라 하고, 구리와 같은 물질은 양이라 한다.

➤ 열전쌍

➤ Thermocouple (열전쌍) : Seebeck effect를 이용

2종류의 금속을 환형으로 접합하고 양접합점에 온도차를 줌으로써 열기전력을 발생하는 것. 이 성질을 이용하여 열기전력을 측정하여 온도차를 측정하는데 사용

전류의 방향을 바꾸면 열의 발생과 흡수도 바뀐다.

➤ 열전쌍을 이용한 열전 온도계

종 류	+ 측 금속	- 측 금속	작동 가능 온도(°C)
T	구리	콘스탄탈	- 270 ~ +400
J	철	콘스탄탈	- 210 ~ +760
E	크로멜	콘스탄탈	-270 ~+1000
K	크로멜	알루미늄	-270 ~ +1370
R	백금 13% 로듐	백금	0 ~ +1760
B	백금 30% 로듐	백금 6% 로듐	0 ~ +1820
N	니켈/크롬/실리콘	니켈/실리콘	- 270 ~ +1300
W5/W26	텅스텐 5% 레늄	텅스텐 26% 레늄	0 ~ +2760
W/W26	텅스텐	텅스텐 26% 레늄	0 ~ +2760

## ➤ 써미스터

➤ 응용원리 : 전기저항, 광전기전도, 열기전력, 전기변형, 트랜지스터 특성, 색 , 복사 등

### ➤ 기본개념

써미스타란 열에 민감한 저항체라는 의미로 온도변화에 따라 저항값이 극단적으로 크게 변하는 감온반도체이다. 사용온도범위가  $-50\sim 500^{\circ}\text{C}$ 로 일상적인 온도조절을 필요로 하는 모든 범위에 응용되며, 또한 소형으로 값이 저렴하고 고감도이므로 가전기기나 산업기기의 온도센서 및 온도보상용으로 대량 사용되어지고 있다.

### ➤ 계측용 써미스타센서의 일반적 특성

온도계수가 커서 감도가 좋고 응답성이 빨라 급속한 온도변화에 대응할 수 있다.  
냉접점이나 보상도선을 필요로 하지 않는다.  
고저항이므로 도선저항을 무시할 수가 있어 원격 집중제어관리가 가능하다.

### ➤ 제임스텍 온도 검출용 써미스타센서의 특성

경시변화가 극히 적으며 안정되어 있어 신뢰도가 높다.  
고객의 요구에 따라 다양한 형상으로 제작이 가능하다.  
소형으로, 빠른 응답속도를 갖는다.  
제조공정을 자동화하여 고품질의 제품을 대량생산 할 수 있다.



➤ R.T.D.

➤ 응용원리 : 전기저항, 광전기전도, 열기전력, 전기변형, 트랜지스터 특성, 색, 복사 등

- R.T.D의 원래 이름은 Resistance Temperature Detectors이다.
- 이는 금속과 반도체의 전기저항의 온도의존성을 이용하고 있다.
- 금속의 온도계수는 정, 즉 온도가 높아지면 그것의 저항치가 증대한다.
- 한편 반도체의 저항치는 온도계수가 부이기 때문에 감소한다.
- 금속을 이용한 대표적인 온도계는 백금(Pt)을 저항체로서 하며, 그것을 저항 온도계라 부르고 있다.
- 저항 온도계에는 stem 형, capsule 형, 공업용 등 예를 들면 십자형권침에 저항선을 감은 것이 강화 glass에 봉입되어 있다.
- Pt을 사용한 경우의 측정 온도 범위는 stem 형에서 90~903 K, capsule 형에서 실온 이하 14K 까지이다.
- 이 저항 온도계는 전류를 흘린 상태에서 측정하기 때문에 자기가열이 있고 이영향을 감안 하여 전류치를 설정하여야만 한다.

## ➤ 열량센서

➤ 응용원리 : 전기저항, 광전기전도, 열기전력, 전기변형, 트랜지스터 특성, 색, 복사 등

➤ 열량을 측정하는 장치

➤ 열량계에는 열용량을 알고있는 물체의 온도변화를 측정하는 방법

.액체열량계, 금속열량계

➤ 상태변화를 받는 물체의 질량 또는 체적을 측정하는 방법

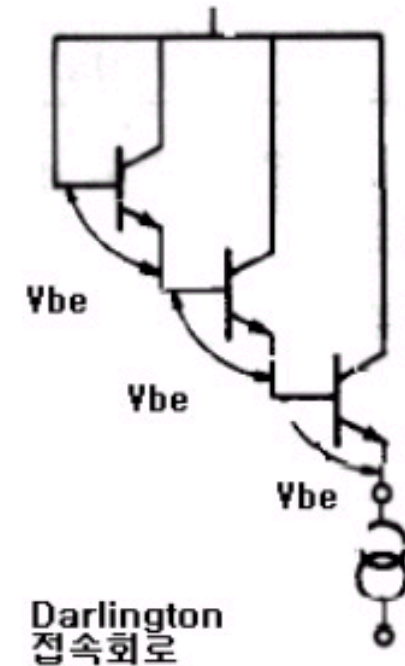
.얼음열량계(미소온도변화가 필요)

.증기열량계(온도가 일정하게 유지)

## 반도체 온도센서

응용원리 : 전기저항, 광전기전도, 열기전력, 전기변형, 트랜지스터 특성, 색, 복사 등

- ▶ 다이오드의 순방향 전압 및 트랜지스터의 collector-emitter 사이에 일정한 전류를 흘릴 때의 base-emitter 사이 전압은 온도에 따라 직선적으로 변화하므로 이 특성을 온도 센서로써 이용
- ▶ 특히 트랜지스터는 3단자이기 때문에 특성의 편차를 외부 회로에서 보정할 수 있고, 또 센서 전체를 IC화 하는 것에 의해 이것이 쉽게 된다.
- ▶ 수정 발진자 주파수의 온도변화와 보정하기 위한 IC 내장 온도 센서는 CMOS IC에 내장된 n-p-n transistor의 base-emitter 사이 전압  $V_{be}$ 의 온도특성에 착안하고 있다. 실제에는  $V_{be}$ 의 온도감도 부족을 보완하기 위하여, 그림과 같이 2개 이상의 transistor의  $V_{be}$ 가 가산될 수 있는 접속이 채용되고 있다.(darlington 접속회로)



➤ 온도계.

➤ 응용원리 : 전기저항, 광전기전도, 열기전력, 전기변형, 트랜지스터 특성, 색, 복사 등

➤ 1. 온도란 무엇인가?

정량적으로 말해서 물체의 온도는 접촉했을 때의 따뜻함과 차가움의 정도라고 할 수 있다.

온도가 다른 두 물체를 접촉시키면 보다 따뜻한 물체는 시간이 지남에 따라 차가워 지고 보다 차가운 물체는 시간이 지나면 더 따뜻해져서 열평형을 이룬게 된다. 두 물체 사이의 열교환이 정지된 상태를 열평형이라 한다. 이 열평형 시스템에서의 두 물체의 quantity 는 같으며 이를 온도라고 정의할수 있다. 또한 이 열평형은 둘 이상의 물체 사이에서도 일어나며 그 결과는 다음의 법칙에서 찾을 수가 있다.

"물체 1과 2가 열평형 상태고 2와 3이 열평형 상태면 1과 3도 열평형 상태다."

이 문장을 일컬어 열역학 제 0 법칙 이라고 한다.

위의 법칙에서 물체 1,2,3 중 어느 한 물체와 온도측정기기가 접촉을 시키면 온도측정기기와 물체 사이에는 또 열평형이 이루어질 것이 틀림없다. 이때의 온도측정기기를 읽어들이는 것을 온도의 정량적 측정이라 한다.

➤ 2. 온도계란 무엇인가?

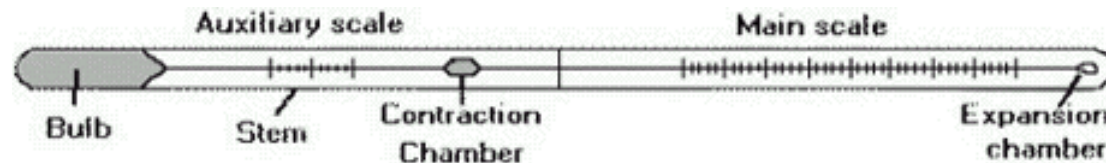
온도계란 위의 열역학 제 0 법칙에 근거하여 정량적 방법으로 시스템의 온도를 측정하는 기구이다.

다음 식은 온도를 나타내는 식이다

➤  $t(x) = ax + b$

➤ 이 식에서 t는 물체의 온도이며 x는 물성치의 변화이다. a와 b는 상수로서 어느점과 끊는 점 같은 물체의 물성치와 상관적인 관계가 있다.

예를 들어 수은은  $-38.9^{\circ}\text{C}$  에서  $356.7^{\circ}\text{C}$  까지 액체상태이다. 액체상태 수은은 따뜻해 지면 선형적 비율로 팽창하는 데 그 비율은 계산 가능하다. 아래 그림에서 bulb 안의 수은의 팽창율은 유리의 scale에 의해서 측정된다.



# 4-7. 화학 센서

- 가스센서
- 습도센서
- 이온센서

➤ 응용원리 : 전기저항, 갈바닉 전지, 접촉연소 등

➤ 가스센서는 인간의 오감 중 후각에 해당하는 기능을 갖는 소자로서 지금까지 공기중의 각종가스를 검지, 정량 하는데 이용되어 온 화학센서의 일종이다. 가스센서에는 반도체식 가스센서 고체 전해질식 가스센서 전기화학식 가스센서 접촉 연소식 가스센서가 있다.

- 1. 반도체식 가스센서
- a. 전기저항식 가스센서: 기체성분이 반도체 표면에 흡착하여 화학반응을 일으킴으로써 전기저항이 변화하는 것으로서 주로 가연성 가스를 감지하는 소자에 이 타입이 많다.

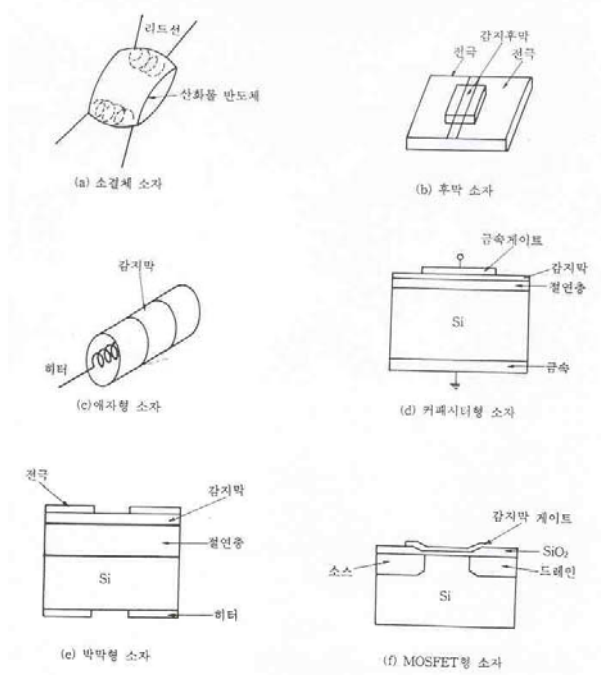


그림 4-99 여러가지 반도체 가스 센서

➤ 가스센서

➤ 2. 전기화학식 가스센서

전기화학식 가스센서는 대상가스를 전기화학적으로 산화 또는 환원하여 그 때 외부회로에 흐르는 전류를 측정하는 장치이다. 그리고 전해질 용액중에 용해 또는 이온화한 가스상의 이온이 이온전극에 작용하여 생기는 기전력을 이용하는 것도 있다.

➤ a. 정전위 전해식 가스센서: 정전위 전해식 센서는 전극과 전해질 용액의 계면을 일정한 전위로 유지하면서 전해를 행하는 것이다. 이때 설정전위를 바꿈으로써 표와 같이 특정 가스를 선택적으로 정량화 할 수 있다.

가스명	반응식	산화·환원 전위
CO	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	-0.12 V
SO <sub>2</sub>	$\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	+0.17 V
NO <sub>2</sub>	$\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{e}^-$	+0.80 V
NO	$\text{NO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	+1.02 V
O <sub>2</sub>	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	+1.23 V

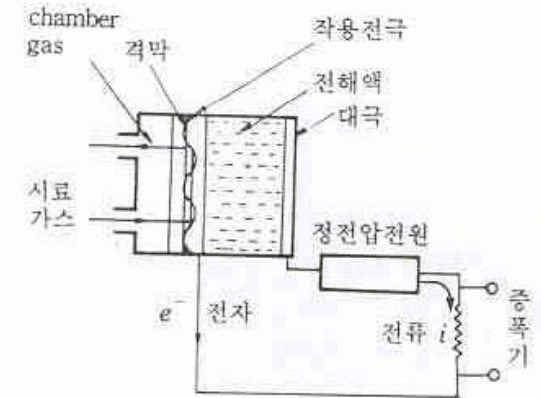
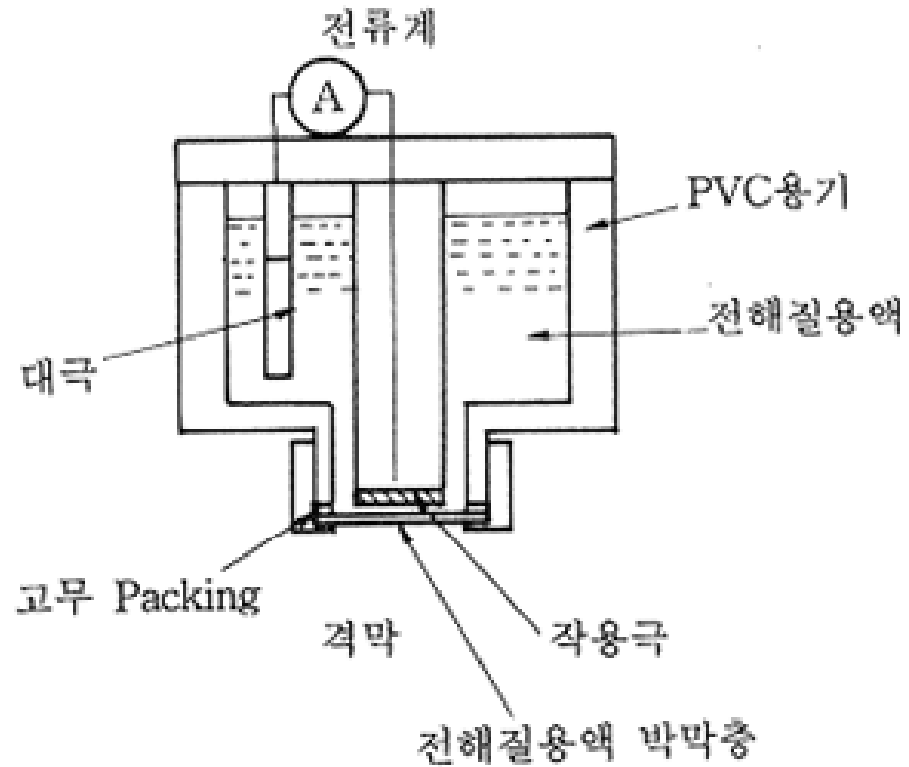


그림 4-102 정전위 전해식 센서의 구조

## ➤ 가스센서

### ➤ 2. 전기화학식 가스센서

- b. 갈바닉 전자식 가스센서: 갈바닉 전자식 가스센서는 정전위 전해식 가스센서와 마찬가지로 검지대상 가스의 전해에 의해 흐르는 전류로부터 가스농도를 측정하는 것이다. 그림은 갈바닉 전자식 센서의 구조를 나타낸 것이다.



## ➤ 가스센서

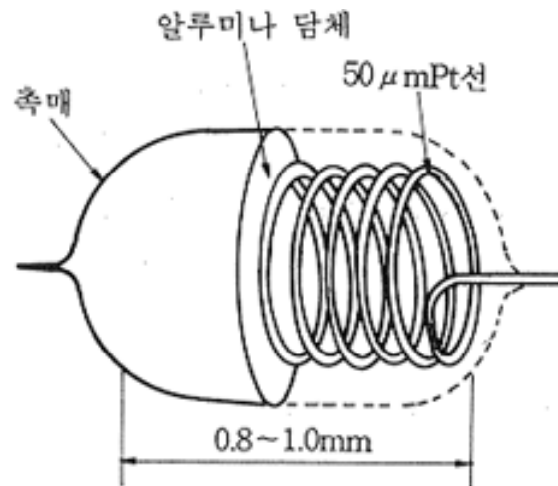
### ➤ 3. 고체 전해질식 가스센서

고체상태의 절연체 중에는 높은 온도에서 이온의 이동에 따른 도전성을 보이는 것이 있다. 이와 같은 물질을 이온전도체 또는 고체전해질이라 한다.

### ➤ 4. 접촉 연소식 가스센서

접촉 연소식 가스센서는 가연성가스의 검지에 사용되는 것으로서 검지가스가 연소하는 열이 소자의 온도를 높임으로써 생기는 발열선(백금선)의 변화를 이용하는 가스감지소자이다.

➤ 표는 반도체와 접촉 연소식 가연성 가스센서를 비교한 것으로서 접촉연소식은 선택성과 직선성이 반도체식보다 우수하다는 것을 대표적인 장점으로 들 수 있다.



비교 항목	반도체식 가스센서	접촉연소식 가스센서
감도	매우 좋음	좋음
선택성	좋지 않음	좋음
응답속도	빠름	빠름
장기안정도	매우 좋음	좋음
직선성	나쁨	좋음
경제성	매우 좋음	매우 좋음
측정 범위	수 ppm	수십 ppm



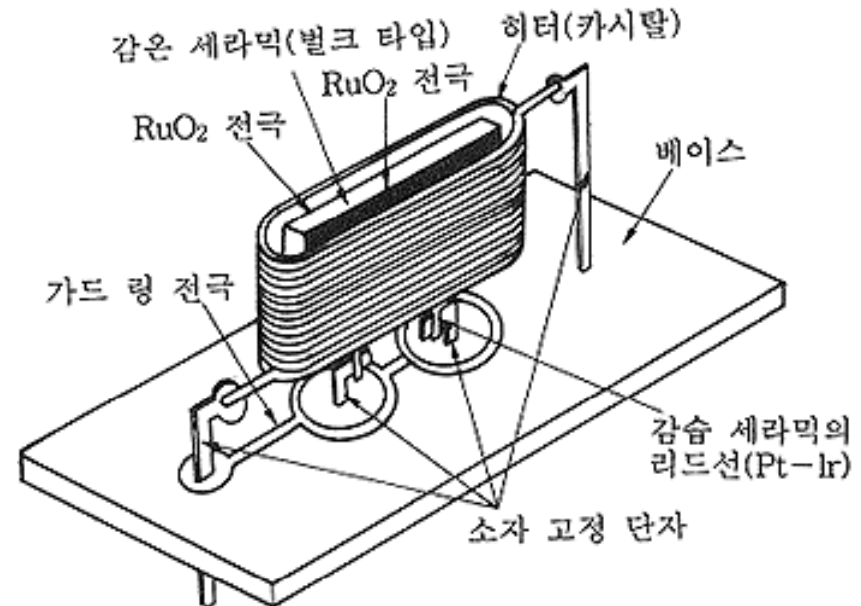
## ➤ 습도센서

➤ 응용원리 : 전기저항, 광기전력, 마이크로파, 복사선, 이슬점, 기화열, 팽창 등

➤ 습도센서는 공공안정용, 의료용, 농업용, 공업용 및 각종 특정용 등 광범위한 응용 분야를 갖고 있는 화학센서의 일종이다. 현재, 전자부품으로서 이용되고 있는 습도센서는 열전도식(서미스터식)과 금속산화물 세라믹계 등을 이용한 흡착식이 대부분이다. 습도센서를 재료에 따라 분류하면 전해질계센서, 유기고분자계센서, 세라믹센서, 마이크로파 수분센서, 방사선센서 등으로 나눌 수 있다.

### ➤ (1) 세라믹 습도센서

세라믹스는 물리적, 화학적 및 열적으로 안정한 재질이기 때문에 습도센서 재료로 적합하다. 감습기구는 다공질 세라믹인 금속산화물, 예를 들면  $Al_2O_3$ 의 미립자 표면에 수증기가 흡탈착함에 따라 세라믹의 전기저항이 변화하는 것으로 설명된다. 아래 그림은 세라믹 습도센서의 구조를 나타낸 것으로 가열 크리닝용 히터를 부착한 것이다. 그림에서 센서를 지지하는 베이스는 센서 세라믹과 마찬가지로 더러워지기 쉽다. 베이스에 전해질이 부착될 경우 센서 단자간에 전기적 누설이 생길 가능성이 있다. 이 리크를 방지하기 위해 베이스에 가드링을 설치해야 한다.

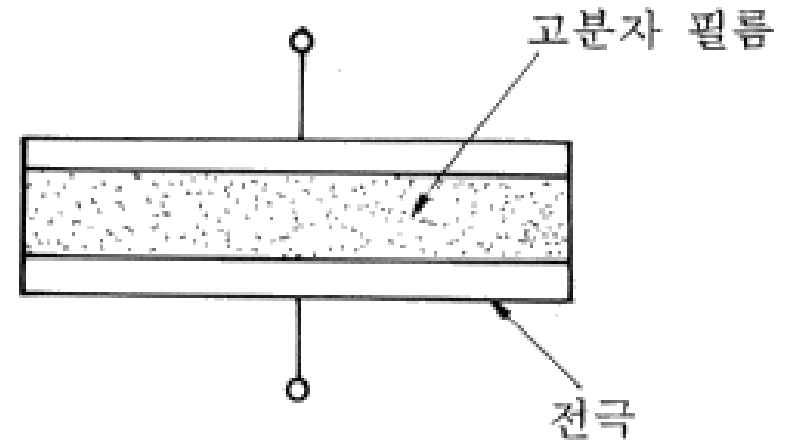


## ➤ 습도센서

### ➤ (2) 고분자 습도센서

이 센서는 오염에 대한 내구성이 비교적 강하고 사용온도는 60°C 이하이다. 고분자계 습도센서에는 저항형과 용량형이 있으며, 전자는 제 4급 암모늄염 폴리머나 폴리스틸렌 술폰 산염이 이용되며 후자는 셀룰로오스를 베이스로 하고 있다.

- 물의 유전율은 고분자 재료의 유전율에 비해 크기 때문에 그림과 같이 콘덴서를 만들면 습도센서가 된다. 고분자 필름에 흡착하는 물분자의 양에 따라 정전용량이 변한다. 용량형 습도센서의 특징은 측정범위가 넓어(0~100%RH)상대습도에 대해 직선적인 출력을 얻을 수 있다. 저항형 습도센서는 직선적인 출력을 보이지만 지수에 대한 직선성을 나타내기 때문에 그 분해능이 용량형에 비해 나쁘다.



## ➤ 습도센서

### ➤ (3) 전해질 습도센서

습도 센서로서 가장 오래된 것이 염화리튬을 이용한 것으로서 1938년 Dunmore가 발표한 것을 시작으로 특성 개성을 위한 연구가 계속되어 오늘에 이르고 있다. 염화리튬은 전해질이 되기 때문에 흡습성영의 농도가 차차 얽어져서 수명이 길지 않다. 이를 개선하기 위해 식물섬유, 다공성 실리카유리, 유리테이프 등을 이용하는 방법이 검토되어 왔다

### ➤ (4) 초음파 습도계

최근 초음파를 이용한 고속도 습도측정이 보고되고 있다. 이는 초음파 기온계와 저항온도계의 조합에 의한 것으로서 초음파의 전달속도가 기온에 의해 변화하는 것을 이용한다. 이때 측정결과가 습도의 영향을 받는 것에 착안하여 온도계와 병용함으로써 습도에 관한 정보를 끌어내는 것이다.

## ➤ 이온센서

- (1)이온센서에 의한 측정  
화학센서 중에서 전기 화학적인 측정법의 원리를 이용하고 있는 이온센서는 분석하고자 하는 용액중의 특정한 이온에 대하여 선택적으로 감응하고, 특정한 이온의 농도(활동도)에 대하여 선형적인 전위를 발생시키는 전극이며, 그 대표적인 보기로 pH 측정에 쓰이는 유리전극 등이 있다.

- (2)이온센서의 종류  
이온센서의 종류에는 아래와 같은 것들이 있다.  
유리막 전극(glass membrane electrode)  
고체상태막 전극(solid-state membrane electrode)  
액체 이온교환체막 전극(liquid ion-exchanger membrane electrode)  
중성 운반체액체막 전극(neutral carrier liquid membrane electrode)  
특수 전극으로서 기체감응 전극(gas sensing electrode)  
이온 선택 성장효과 트랜지스터(ion-selective field effect transistor: ISFET)

# 4-8. 바이오 센서

➤ 면역센서

➤ 미생물센서

➤ 오르가넬라센서

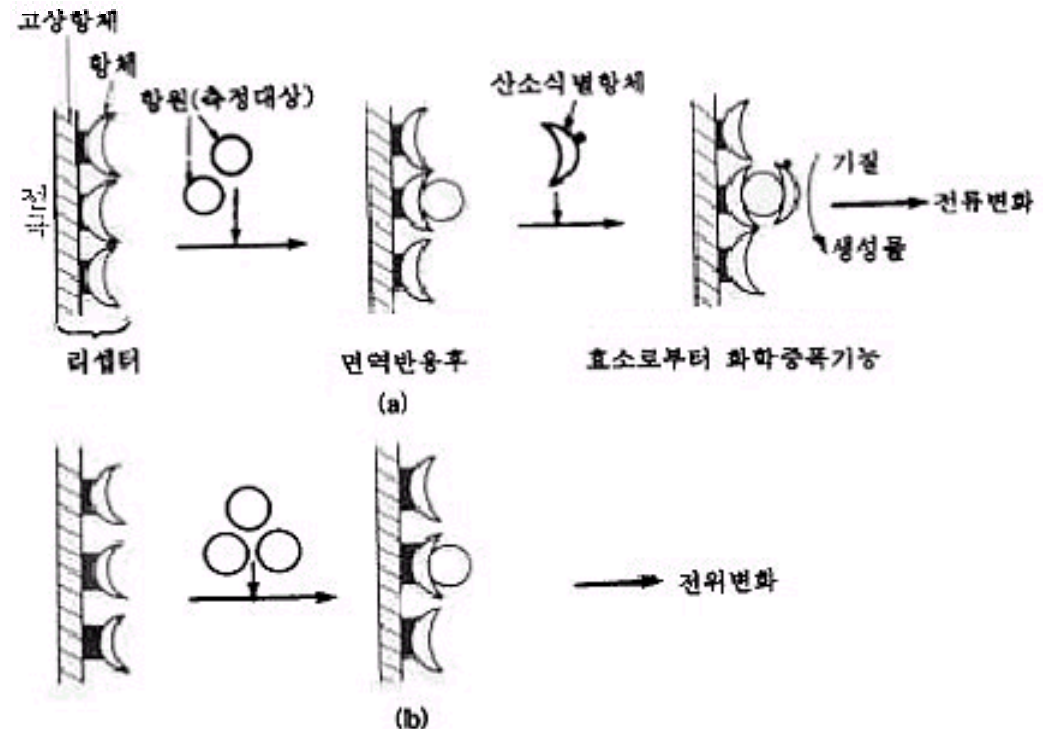
➤ 조직센서

➤ 효소센서

➤ 응용원리 : 생물기능성막, 열기전력, 음파, 마이크로파 등

➤ 면역센서는 단백질 등의 고분자의 미소 구종의 상이(相異)를 구별하는 센서가 면역센서이다. 면역센서는 항체 분자 식별기능을 이용하여 항원 또는 항체를 검지한다. 즉 고분자막 등의 고체 표면에 결합한 항체를 사용하고, 막표면에서 항원항체 반응을 행한다.

➤ 그림은 표식제를 필요로 하는 센서와, 그것을 필요로 하지 않는 센서가 있다. 면역센서의 기본은 앞에서 설명한 항체에 있어 항원항체 반응이지만, 항체막의 표면에 형성된 항원항체 복합체에 의해 막전위와 막전극 전위가 변동하는 것을 직접 측정하거나, 화학 증폭 기능을 갖는 표식제를 사용하여 측정한다. 그림(a)의 경우는 초미량 측정이 가능하다. 한편, 그림(b)는 아주 간단한 계로서 측정할 수 있지만 감도는 낮다.



## ➤ 미생물센서

### ➤ 응용원리 : 생물기능성막, 열기전력, 음파, 마이크로파 등

- 효소 센서는 고선택성이지만 자체가 단배질이기 때문에 불안하고 활성을 나타내기 위하여 조효소 등이 필요한 경우가 적지 않다. 따라서 효소 대신 복합 효소계라 불리는 다수의 효소가 계통적으로 배열하고, 특정반응을 촉매하는 것으로 알려져 있는 살아있는 미생물이나 오르가넬라 등을 전극에 붙인 센서가 고안되었따. 이들 원리는 기본적으로는 효소센서와 유사하다.

미물세포에는 각종 효소가 들어있으며, 에너지재생계, 보호소재생계, 호흡, 대사 등의 생리기능이 집약되어 있다. 세포내 효소는 안정하므로 미생물센서는 효소센서보다 수명이 길지만 여러가지 효소가 미생물속에 포함되어 있으므로 선택성의 신뢰도가 떨어지는 단점이 있다. 미생물은 효소 등에 비하면 값이 싼 이점이 있으며 그 기능은 아주 복잡하고 교묘하기 때문에 이러한 기능을 이용한 새로운 원리에 의한 센서가 개발될 것이 기대되어진다.

## ➤ 오르가넬라센서

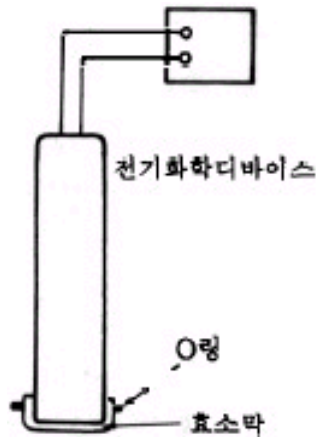
- 세포안에 있는 오르가넬라(소포기관)는 효소의 집합체로서 고도의 기능이 집약되어 있어 이를 이용하여 센서를 제작하면 종래의 단일 또는 복합효소로 측정불가능한 물질들을 측정할 수 있다. 그 예로서 호흡기능을 가진 미토콘드리아의 전자전달 입자고정화막을 이용한 조효소 NADH의 측정용센서, 고정화 간 마이크로솜(microsome)을 이용한 Sox센서, 클로로플러스트(엽록체)를 이용한 인산이온센서 등이 연구 보고되어져 있다.

## ➤ 조직센서

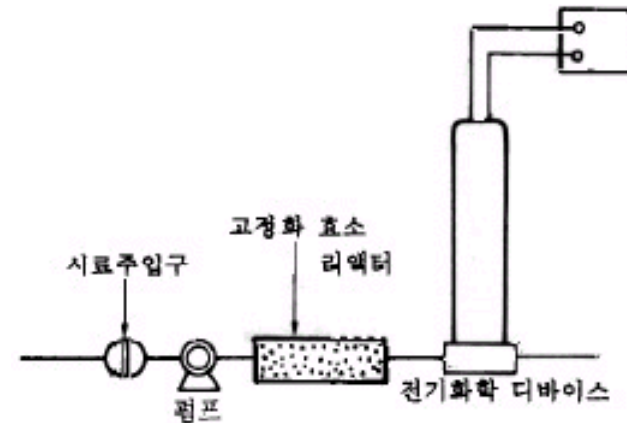
- 효소활성을 가진 동식물 조직의 절편을 기능소자로 이용할 수 있다. 소의 간조직을 암모니아 전극에 고정화한 arginine센서, 돼지의 지라조직과 암모니아전극으로 된 글루타민센서, 개구리 상피조직을 이용한 sodium 이온센서, 쥐의 신장조직과 암모니아전극으로 구성된 글루타민센서, 무궁화꽃의 씨방조직과 암모니아전극으로 구성된 arginine센서, 감조조직 절편과 산소전극을 조합한 인산, 불소이온센서 등이 개발, 보고되었다. 그러나 이들은 고도의 조직배양 기술이 요구된다.

## ➤ 효소센서

- 바이오센서의 선구로서 등장한 것이 효소센서이다. 효소센서의 기본 구성은 그림에 나타냈다. 효소바이오센서의 기본 동작원리를 요약하면 다음과 같다.
  - a. 기질이 효소가 고정되어 있는 생체기능성막으로 확산된다.
  - b. 기질이 효소의 촉매작용으로 반응하고 분해한다.
  - c. 반응생성물이 변화기의 감지막 표면까지 확산된다.
  - d. 변환기는 이 생성물을 감지하여 대응되는 전기신호를 발생한다.



전극밀착형



리액터형